



---

**CEPPE**  
Centro de Pós-Graduação,  
Pesquisa e Extensão

**MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL**

**DANIEL NERY DOS SANTOS**

**EXTRAÇÃO DE AREIA E A DINÂMICA SEDIMENTAR NO ALTO  
CURSO DO RIO PARANÁ NA REGIÃO DE PORTO RICO, PR**

**Guarulhos  
2008**

**DANIEL NERY DOS SANTOS**

**EXTRAÇÃO DE AREIA E A DINÂMICA SEDIMENTAR NO ALTO  
CURSO DO RIO PARANÁ NA REGIÃO DE PORTO RICO, PR**

Dissertação apresentada à Universidade  
Guarulhos para a obtenção do título de  
Mestre em Análise Geoambiental.  
Área de Concentração: Análise Geoambiental  
Orientador: Professor Doutor José Cândido Stevaux

**Guarulhos  
2008**

S237e Santos, Daniel Nery dos  
Extração de areia e a dinâmica sedimentar no alto curso do Rio Paraná na região de Porto Rico, PR , Guarulhos, SP / Daniel Nery dos Santos. Guarulhos, 2008.  
87 f. : il. ; 31 cm

Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade Guarulhos, 2008.  
Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux  
Bibliografia: f. 71 - 76

1. Geologia sedimentar. I. Título. II. Universidade Guarulhos.

CDD 22<sup>st</sup> 551.1



---

**CEPPE**  
**Centro de Pós-Graduação,  
Pesquisa e Extensão**

A Comissão Julgadora dos Trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada “**Extração de Areia e a Dinâmica Sedimentar no Alto Curso do Rio Paraná na Região de Porto Rico, PR**”, em sessão pública realizada em 07 de Abril de 2008, considerou o candidato *Daniel Nery dos Santos* aprovado.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes pesquisadores:

*Prof. Dr. José Cândido Stevaux*  
**Orientador**

*Prof. Dr. José Eduardo Zaine*  
**Universidade Estadual de São Paulo – UNESP/Rio Claro**

*Prof. Dr. Antonio Roberto Saad*  
**Universidade Guarulhos**

**Guarulhos**  
**2008**

## AGRADECIMENTOS

### ***O autor deseja expressar seu agradecimento:***

Ao Professor Doutor José Cândido Stevaux pela orientação incomparável, apoio, amizade, paciência, valiosas sugestões e recomendações, o meu muito obrigado em especial.

Ao Professor Doutor Antônio Roberto Saad pela confiança depositada e por acreditar na viabilidade deste trabalho.

Ao Professor Doutor Kenitiro Suguio, pelas valiosas observações em minha qualificação.

Ao Professor Doutor Mario Lincoln de Carlos Etchebehere, pelas aulas ministradas durante o curso, com tanta dedicação e profissionalismo.

Ao Professor Antônio Manoel dos Santos Oliveira, pelas aulas ministradas, e pelo carinho para com os alunos em sala de aula.

À Professora Doutora Maria Judite Garcia, chefe do Laboratório de Geociências da Universidade Guarulhos.

Ao Programa Bolsa Mestrado da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Ao amigo de tantas campanhas, Valdecir Galvão pela disposição e colaboração ao longo do trabalho.

A todos os funcionários do Laboratório de Geociências da UnG, principalmente a técnica Andréia pelas informações fornecidas e imensa paciência no análise das amostras coletadas em campo.

A todos os funcionários da Associação dos Portos de Areia do Noroeste do Paraná.

Ao Sr. Edson Semprebom, pela acolhida e cooperação nas informações fornecidas.

A UEM - Universidade Estadual de Maringá, e a colega Harumi pelo apoio nas campanhas e ao seu valioso trabalho no tratamento das informações coletadas em campo.

A minha amiga Vânia Regina Pieretti Julião, pela dedicação e preciosa correção gramatical deste trabalho.

A minha mãe Josefa.

E, ilimitadamente a minha esposa Sônia, por me apoiar.

A **Deus** por me guiar.

*(...) os rudes sertanejos identificados à própria aspereza do solo em que nasceram, educados numa rude escola de dificuldades e perigos (...) tem naturalmente toda a inconstância e toda a rudeza do meio em que se agitam (...)*

*Os Sertões – Euclides da Cunha*

## RESUMO

Este estudo analisa o processo de extração de areia no canal do alto curso do rio Paraná, na seção da cidade de Porto São José no estado do Paraná, e avalia as conseqüências dessa atividade econômica para o sistema fluvial, como o seu comportamento e resposta ao processo. Foram feitas três campanhas aos pontos de extração de areia no canal do rio, onde se observou as técnicas adotadas e equipamentos utilizados nessa atividade, além da quantidade de areia e sua granulometria extraída. De forma geral, a extração de areia no canal do alto curso do rio Paraná, vem cumprindo com o papel de redução dos impactos ambientais negativos nas áreas mineradas, através de ações mitigadoras. Para uma avaliação mais detalhada, na segunda campanha de estudo, selecionou-se duas dragas para acompanhar todo o processo de extração de areia, onde notou-se uma infra-estrutura que contempla o chamado desenvolvimento sustentável, que tanto é alvo de muitas empresas que se julgam e procuram ser amigas do meio ambiente.

Nas observações encontramos diversas situações que minimizam os impactos ambientais negativos, como uma tubulação que conecta as dragas ao primeiro conjunto de silos, anulando assim a necessidade de formação de grandes depósitos de areia nas margens do rio. Outro ponto positivo foi a implantação de uma esteira por onde a areia é levada do primeiro conjunto de silos para os silos finais, a uma distância de 500 metros, fora da área da APP. As práticas atuais de manejo classificam o porto de areia de Porto São José (PR) como o primeiro porto ecologicamente correto do Brasil. Na terceira campanha foi feito um levantamento batimétrico com o aparelho ecossonda nos pontos de extração de areia no canal do rio, para observar a atual profundidade e posteriormente comparar com dados de profundidade do canal com o mapa de 1957.

**Palavras chave:** extração de areia, rio Paraná, Porto Rico, sistemas fluviais, impactos ambientais.



## ABSTRACT

The sand mining in the Paraná River was studied in order to establish its impacts over fluvial channel in the area of Porto São José, PR. The exploitation techniques were observed directly in the field and the extraction sites were monitored and mapped. Channel was echo-sounding and compared with survey of 1957 (before mining period). An analysis of the volume of sand extraction was compared with the river's bed load discharge.

In general the new technology developed for sand storing and distribution based in a conveyor belt reduced the mining impact in river bank. The volume of sand extract is a little inferior than bed discharge in Porto São Jose cross section. As the extraction is made in different points of the river, we can conclude that impact in the channel practically absent. Comparison among 1957 and 2008 bottom topographic maps doesn't show evidence of actual change in channel morphology, but only a slight general tendency to incision. However, effective channel excavation can be observed of more active sand excavation. in incision. It was also observed a tendency to armoring in river sediment. It was observed also a clear tendency of downstream shift of extraction points in the last years. This change is attributed to Porto Primavera Dam controlling than to sand mining.

## SUMÁRIO

1. Introdução:.....	10
1.1. Apresentação do Problema e Objetivos do Trabalho.....	10
1.2. Hipótese e Objetivos.....	12
2. Características Gerais da Área de Estudo.....	14
3. Conceitos e Definições.....	21
3.1. Dinâmica Fluvial.....	21
3.1.1. Transporte de Areia no Canal.....	23
3.1.2. Formação de Barras Arenosas.....	25
3.1.3. Formas de Ocorrência dos Depósitos.....	27
3.2. Exploração de Areia em Leito Fluvial.....	28
3.2.1. Importância Econômica da Extração de Areia.....	29
3.2.2. Produção e Consumo.....	32
3.2.3. Imposto Sobre a Produção de Areia na América Latina.....	36
3.2.4. Mineração de Areia para Construção Civil.....	37
3.3. Avaliação de Impactos Ambientais.....	38
3.3.1. Extração de Areia por Dragagem Hidráulica em Leitos Submersos.....	40
2. Problemas ambientais Associados à Mineração no Rio Paraná.....	43
4.1. O Porto de Areia “ecologicamente correto” de Porto São José (PR).....	43
5. Metodologia.....	51
6. Resultados.....	56
6.1. Características Gerais da Dinâmica Hidrossedimentar.....	56
6.2. A Extração de Areia no Rio Paraná.....	59
6.2.1. Histórico da Extração.....	59
6.2.2. Modo de Operação.....	60
6.2.3. Valores da Extração.....	62
6.2.4. Mapas dos Locais da Extração e da Textura do Material.....	62
6.2.5. Perfis de 1957 e 2007 dos Locais da Extração de Areia.....	64
7. Conclusões e Considerações Finais.....	69
8. Referências Bibliográficas.....	71
9. Anexos.....	77

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Apresentação do Problema e Objetivos do Trabalho

Os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos modeladores da superfície terrestre, como também desempenham papel ecológico, econômico e social de grande relevância para o desenvolvimento da vida humana. Civilizações antigas floresceram e se desenvolveram às margens dos grandes rios, como por exemplo, o Eufrates e Nilo. Ainda hoje, grandes cidades estão estabelecidas e desenvolvem-se nas margens de rios, aos quais estão intimamente relacionadas. Na antiguidade, os rios constituíram um meio de penetração do homem em direção ao interior dos continentes, e até hoje, muitos rios continuam exercendo esta função. Contudo, o papel mais importante dos rios está relacionado: *a)* ao abastecimento urbano de água, *b)* para irrigação agrícola, *c)* uso industrial, *d)* na produção de energia elétrica. Além disso, como no caso em pauta, exerce-se a mineração no seu leito. Esta relação dos cursos fluviais com a vida humana constitui um objeto de grande preocupação, pois interfere no perfeito funcionamento. Deste modo, a exploração de areia, por exemplo, deve ser conduzida sócio-econômica, com o mínimo de impacto ambiental negativo ao sistema.

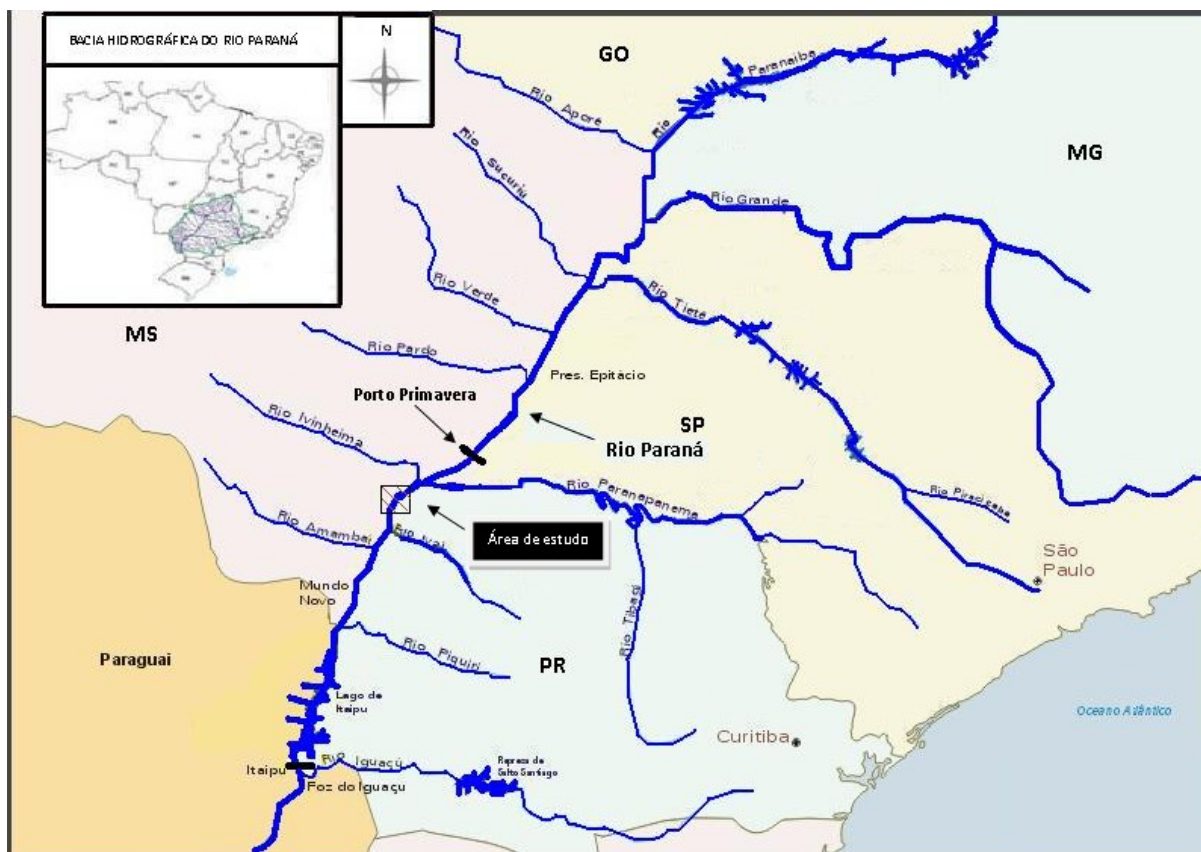
As atividades mineradoras desenvolvidas em sistemas fluviais são de grande importância, embora possam desenvolver impactos ambientais, por vezes irreversíveis (BRANDT, 1998). O crescimento acelerado de grandes centros urbanos, geralmente de maneira desorganizada, aumenta a necessidade desta matéria-prima e pode produzir a degradação ambiental (POPP, 1992).

No Brasil, 90% da areia é produzida de extração em leito de rios, segundo relatório do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2002).

Alguns estudos científicos no mundo tentam mostrar essa relação entre a extração de areia em canal de rio e suas conseqüências ambientais para o perfeito funcionamento dos rios. MOSSA e McLEAN (1995) estudaram a extração de areia e cascalho no canal do rio Luisiana (SW dos EUA) e suas conseqüências para o sistema fluvial. Concluíram que a mineração de areia afetou a forma do canal, criando gradientes temporários mais acentuados e provocou migrações de dunas subaquáticas. A mudança principal verificada pelos autores, através da comparação dos mapas de 1848 com os de 1940, cuja mudança principal coincide com o aumento da quantidade de extração de areia.

No Brasil, foram realizados estudos sobre a extração de areia e os impactos ambientais, como o de (ALMEIDA, 2002) que trata da extração de areia para a construção civil. No mundo inteiro, uma das principais preocupações é a de desenvolver técnicas que sejam capazes de reduzir os impactos ambientais negativos para o meio ambiente, sem que essas reduzam ao mesmo tempo o poder de produção. Porém, nem sempre aquelas que são consideradas as melhores tecnologias, não estão disponíveis, ou ao alcance de todos, pois o seu custo é, em alguns casos, muito elevado tornando os projetos economicamente inviáveis. Contudo, há necessidade de descobrir qual o grau de impactos ambientais negativos, e como essas perturbações com a atividade mineradora no canal do rio, modificam a estrutura do sistema fluvial, como verificou-se neste estudo desenvolvido no alto curso do rio Paraná (Figura 1), entre as cidades de Porto Rico e Porto São José, localizadas no estado do Paraná.

É necessário verificar se a mesa d'água é alta e qual a sua altura, dizer se é apropriada para a extração com dragas em seu canal, e quais são as áreas mais produtivas ao longo do canal, relacionando com a extração de outrora, como tipo de material – areias fina, média e grossa. Neste caso é preciso levar em consideração os diferentes tipos de gradientes e descargas, pois cada rio irá se comportar diferentemente, de acordo com suas características quando sofrerem interferência de uma atividade antrópica, como por exemplo, a atividade mineradora.



**Figura 1** – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, com o trecho da área estuda na cidade de porto São José (PR). Modificado do Ministério dos Transportes do Brasil (2008).

## 1.2. Hipótese e Objetivos

A extração de areia ao longo de três décadas associada, ao represamento do rio Paraná pela barragem Engenheiro Sérgio Motta constituiu a última e mais recém-construída barragem, que alterou não apenas a morfologia, mas a composição da carga de fundo do rio Paraná e poderá provocar o esgotamento desse recurso no futuro.

Os objetivos a serem atingidos para o teste desta hipótese deverão responder às seguintes questões:

1. Qual o volume de extração de areia do canal do rio Paraná nos últimos anos e que tipo de material está sendo extraído?

2. Este volume é compatível com a atual reposição pelo sistema, nos pontos de extração de areia?
3. Qual a distribuição espacial do diverso material extraído e como essa distribuição vem se modificando ao longo dos últimos 20 anos?
4. Quais alterações estão sendo constatadas na morfologia do canal e na pendente do leito quando comparadas aos registros da década de 1950?

As respostas a essas indagações devem advir dos seguintes trabalhos:

- a) Mapeamento batimétrico dos atuais pontos de extração de areia;
- b) Comparação entre o mapa de 2007, que será produzido pelo mapeamento batimétrico, e o elaborado na década de 1950 para a constatação de alterações significativas. Neste caso outros levantamentos realizados no trecho de extração de areia, por vários autores (STEVAUX, 1994), também serão considerados;
- c) Mapeamento das principais áreas de atual extração de areia e nos últimos 20 anos;
- d) Mapeamento do material de fundo;
- e) Análise do volume de extração de areia pela Cooperativa de Produtores de Areia do Noroeste do Paraná, conforme registros em seus arquivos.

Respondidas estas questões pretende-se elaborar um diagnóstico da situação atual do rio frente a atividade mineradora de extração de areia.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Paraná é formado pela confluência dos rios Grande e Paranaíba (Latitude 20°S) e tem sua foz no estuário do rio Prata nas proximidades de Buenos Aires (Latitude 34°S) após percorrer 3.800 km e drenar uma área de 2.800.000 Km<sup>2</sup>, com uma descarga média em sua foz de 18.000 m<sup>3</sup>/s. Em termos de descarga o rio Paraná é considerado como, o décimo rio no mundo, e a segunda maior bacia de drenagem da América do Sul (LATRUBESSE et al., 2005, MEYBECK., 1987, apud. STEVAUX, et al., 1997).

No Brasil, o rio Paraná drena a região de maior concentração populacional e econômica do país. Inseticidas e herbicidas agrícola, efluentes de processos indústrias e esgotos domésticos das grandes cidades estão entre as fontes de impacto do alto rio Paraná e seus tributários (AGOSTINHO et al., 1995).

No entanto, os maiores impactos podem ser atribuídos às construções de reservatórios, 26 deles com área superior a 100 km<sup>2</sup>. Em 1999, após a construção do reservatório de Engenheiro Sérgio Motta (Figura 2), a planície aluvial do rio Paraná foi reduzida a um curto trecho lótico de cerca de 200 km, (Figura 3) que se estende até a represa de Itaipu.

Assim, um dos maiores rios do planeta entra no século XXI com apenas um reduzido trecho livre do alagamento dos reservatórios. Trabalhos ainda incompletos realizados na planície aluvial desse trecho registraram mais de 3.000 espécies de animais e plantas (THOMAZ et al. 2004).

### Reservatório de Engenheiro Sérgio Motta

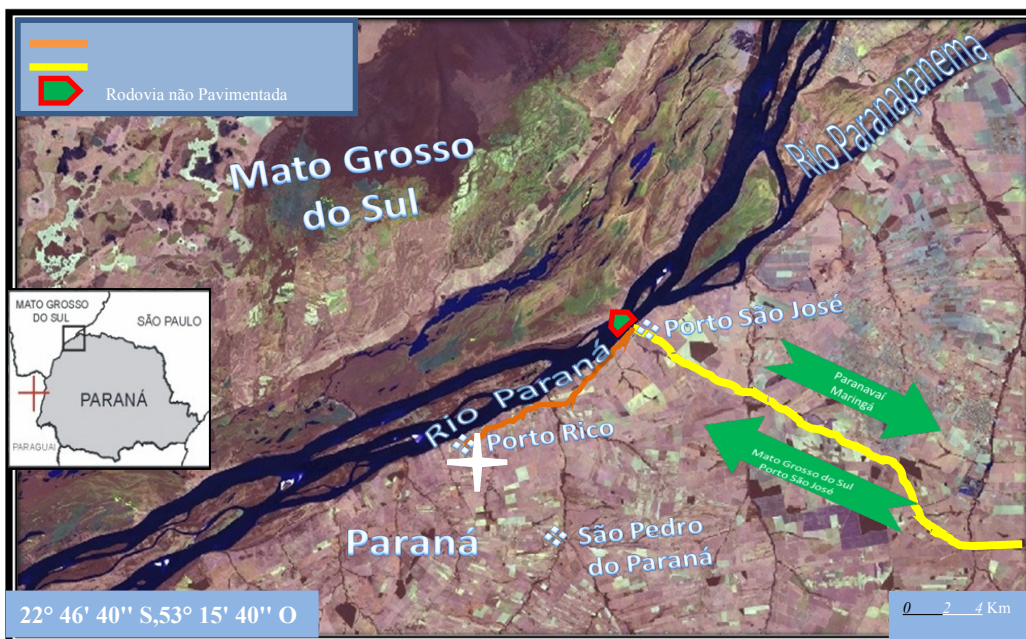


**Figura 2** – Imagem de satélite do trecho do rio Paraná estudado e represamento a montante pelo Reservatório Engenheiro Sérgio Motta.

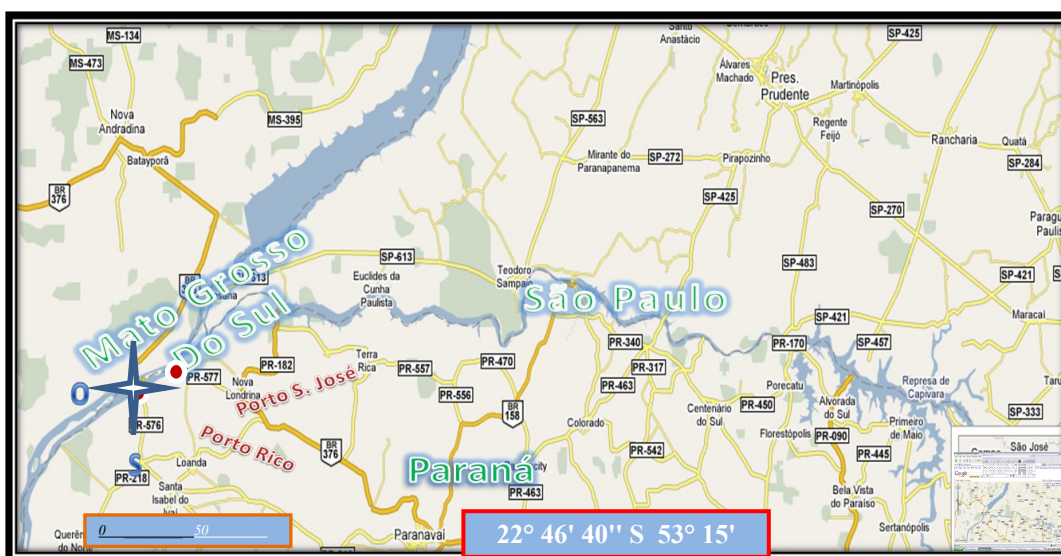
A área de extração de areia, objeto do presente estudo, situa-se num trecho do rio Paraná de aproximadamente 6 km, entre a foz do rio Paranapanema e o distrito de Porto São José (Município de São Pedro do Paraná – PR) (indicação por seta, Figura 2). Esse trecho constitui também a fronteira tríplice entre os estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul (Figura 3), e incluem, além do citado, os municípios de Rosana (SP), Porto Rico (PR) e Taquarussu (MS). As principais cidades mais próximas da região são Maringá(PR) a 180 km; Presidente Prudente (SP) a 204 km de Nova Andradina (MS). Os principais centros consumidores da



areia extraída são: Maringá e Londrina, ambas no estado do Paraná.



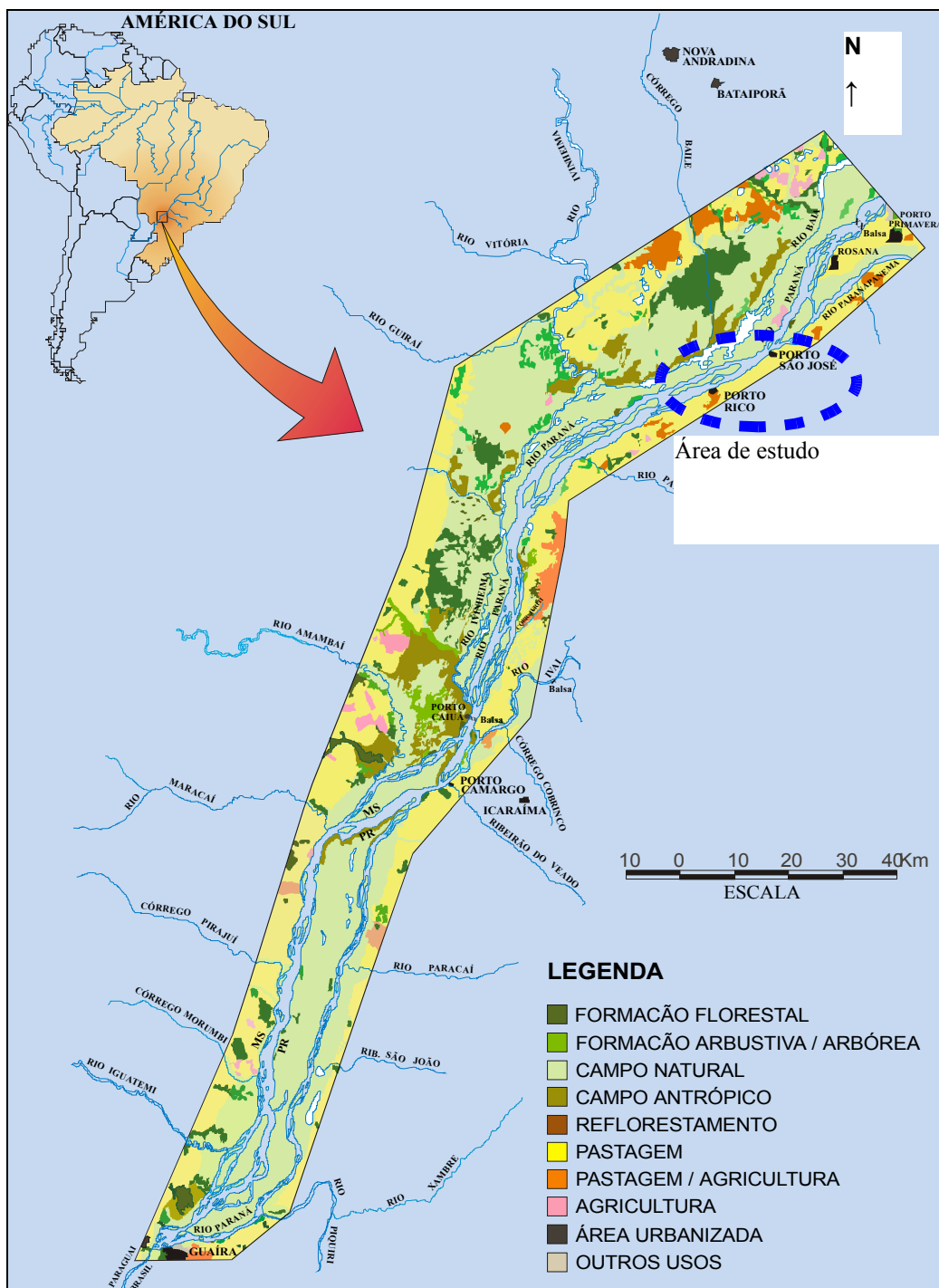
**Figura 3** – Imagem de Satélite com o trecho da área estudada na cidade de Porto São José (PR).



**Figura 4** – Mapa com as principais rodovias de acesso a Porto S. José (PR)

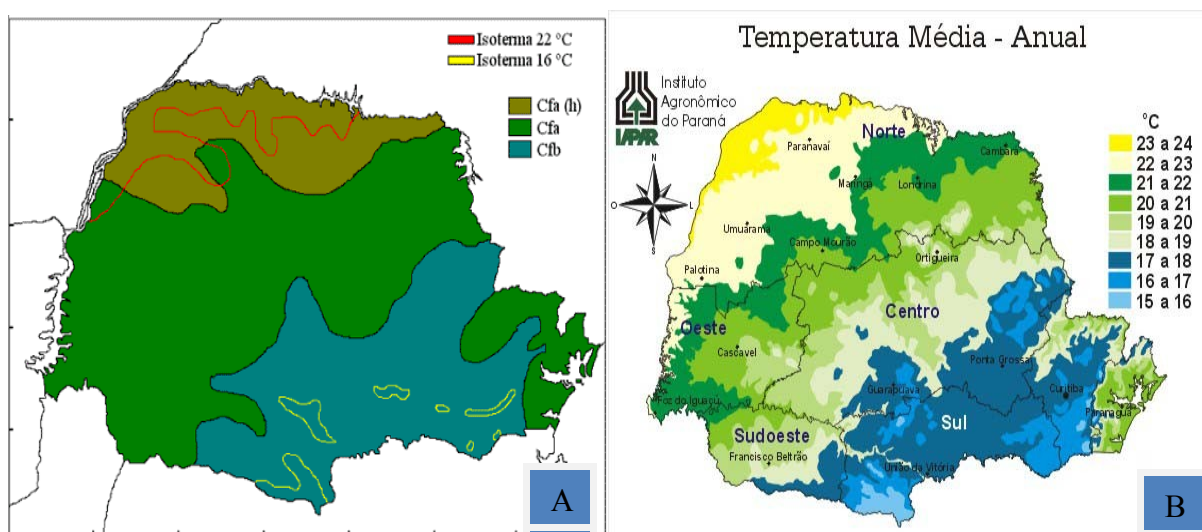
A área ribeirinha à calha do rio Paraná foi conceituada pelo (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, como planície do rio Paraná e constitui uma ampla área de acumulação que ocupa toda a calha do rio no segmento compreendido entre Três Lagoas (MS) até Guaíra (PR) (Figura 5), abrangendo uma área com duas feições distintas: um terraço aluvial denominado de Unidade Fazenda Boa Vista e a planície aluvial (canal mais planície de inundação) denominada de Unidade Rio Paraná por (STEVAUX, 1994).

No trecho estudado o rio Paraná tem padrão multicanal com braços separados, por extensas ilhas (Figura 5), e tem a classificação de anastomosado (RICCOMINI; COIMBRA, 1993), com sinuosidade do canal principal de 1,14 aumentando para 1,36 nos canais situados entre ilhas e a relação largura/profundidade varia entre, 100:1 (SOUZA FILHO, 1993). Os valores de declive do rio Paraná entre Porto São José e o rio Ivinhema, indicam que o gradiente é mais suave que a da região sendo 5,4 cm/km enquanto o valor médio no trecho de Porto Primavera e Guaíra são de 13,8 cm/km. A velocidade média observada em várias seções é próxima a 1 m/s e varia de acordo com a vazão (FERNANDES 1990/ apud SOUZA FILHO; STEVAUX, 1990). De acordo com estudos realizados por Santos (19991), as barras arenosas existentes na região são compostas principalmente por areia fina e média.



**Figura 5** – Mapa com distribuição vegetal do trecho estudado do rio Paraná, entre Porto São José e Porto Rico (PR).

O clima da região foi classificado pelo (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, como tropical, sub-quente e úmido com um a dois meses secos; segundo o IAPAR - Instituto Ambiental do Paraná – (1998), a precipitação anual varia de 1.300 a 1.400 mm. O clima predominante da região de Porto Rico e São Pedro do Paraná é do tipo Cfa, Cf(h) e Cwa (Clima subtropical úmido mesotérmico e com influencias de clima tropical de altitude), com verões quentes com tendência de concentração das chuvas, com temperatura média superior a 22° C, invernos com geadas pouco freqüentes tem temperatura média inferior a 18° C no inverno, sem estação seca definida (Figura 6).

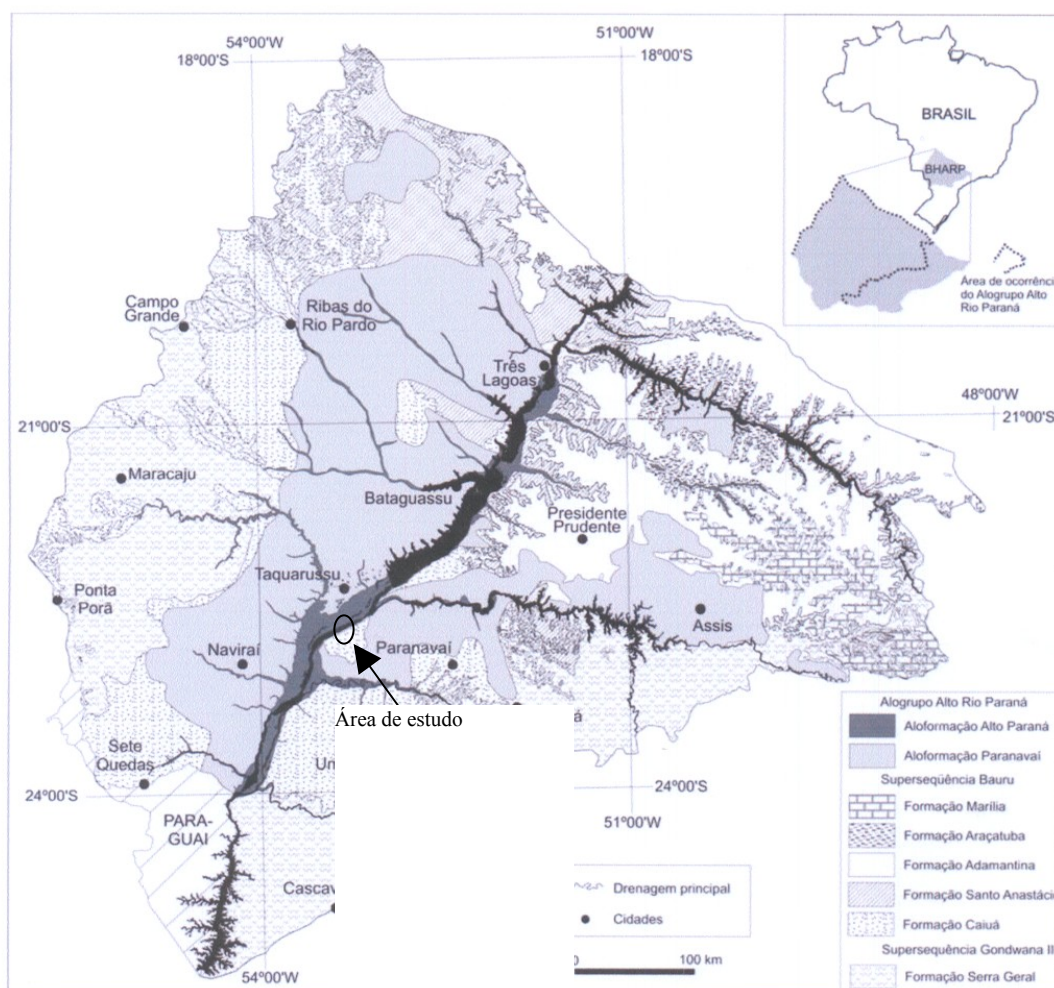


**Figura 6** – Mapas A e B com distribuição da temperatura média anual do Paraná (Modificado do IAPAR, 1978)

A vegetação da região é formada pela Floresta Atlântica diferenciada mais próxima do litoral, com sua grande parte de floresta de araucária e floresta estacional, semidecidual, do lado paranaense e por Cerrado florestado tanto do lado paulista como do matogrossense. O catálogo botânico da região conta com mais de 650 espécies de plantas terrestres e 60 espécies de macrófitas (AGOSTINHO, et al., 1995). No levantamento faunístico constam 173 espécies de peixes, 298 de aves, 60 de mamíferos, 37 de répteis e 22 de anfíbios catalogadas.

O trecho estudado assenta-se sobre os arenitos quartzosos da Formação Caiuá, Membro Rio Paraná, que afloram por toda margem esquerda do canal. Sondagens geotécnicas realizadas pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) para a construção da barragem de Engenheiro Sérgio Motta revelam que, em alguns trechos o basalto da Formação Serra Geral que se sotopõe aos

arenitos pode ocorrer pouco abaixo da superfície, mas não chegam a aflorar na região. Em sua maior parte, a área encontra-se recoberta por depósitos quaternários areno-rudáceo argilosos pouco a não-consolidados de origem colúvio e aluvial que constitui o Alogrupo Rio Paraná (SALLUN et al., 2007). Esses depósitos formam os terraços associados à calha do rio Paraná como também sua própria planície de inundação (Figura 7).



**Figura 7** – Mapa com as características da área estudada. (Fonte: SALLUN et al., 2007)

características da área estudada.

### **3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES**

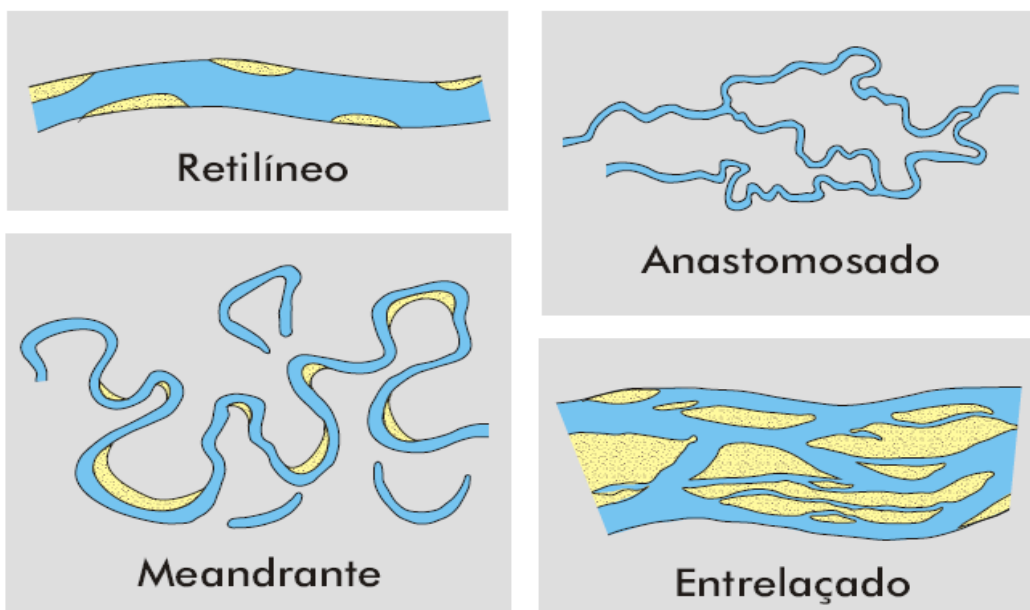
#### **3.1. Dinâmica fluvial**

A dinâmica fluvial é resultado de um conjunto de fatores: capacidade de infiltração, volume de precipitação, evapotranspiração, influência geológica e a forma da bacia, como foi determinado por (BIGARELLA; SUGGIO, 1979). A soma desses fatores darão uma característica a bacia hidrográfica, cada um dos fatores citados pode ter uma influência, num determinado tempo, sobre a bacia.

A forma da bacia é importante porque influi no tempo de distribuição da água de escoamento. Em geral, o escoamento direto diminui em regiões de relevo mais suave, favorecendo mais a infiltração. O clima regional influencia e é responsável pelo recobrimento vegetal de uma determinada área. A vegetação por sua vez afeta diretamente a infiltração e o escoamento.

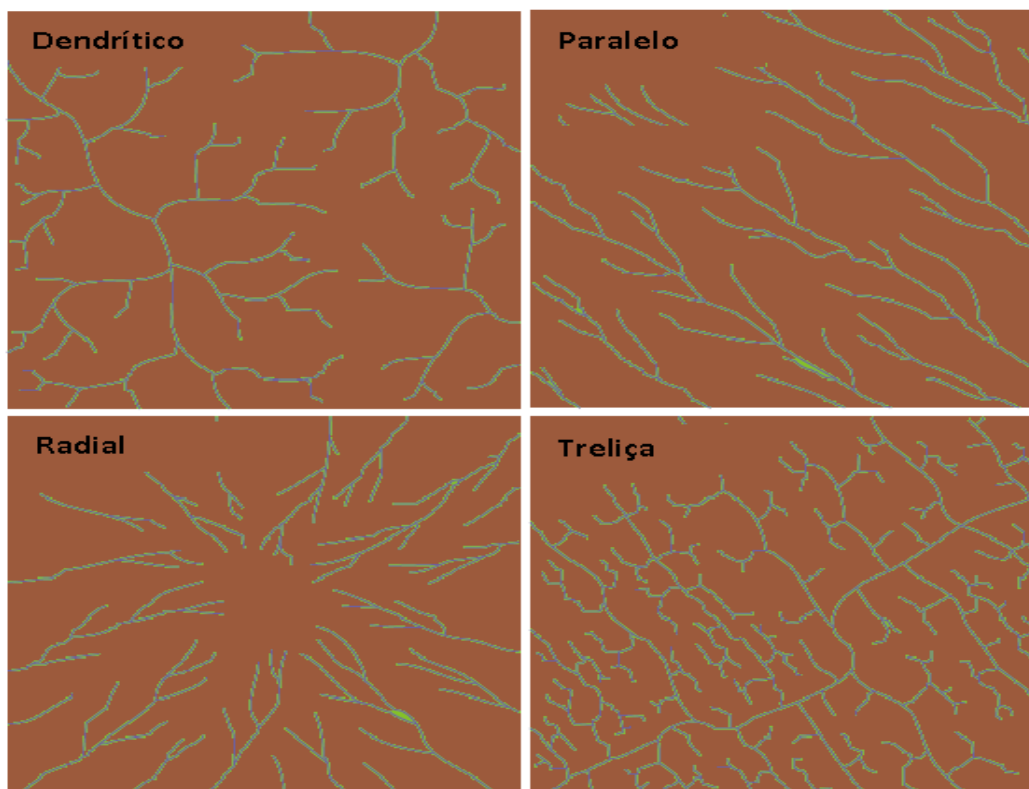
Os padrões de drenagem dão origem a configuração dos rios (Figura 8), que é geralmente descrita como retilínea, anastomosada, meandrante e entrelaçado. Com a atuação desse conjunto de fatores acima citados, o rio assume um padrão de drenagem. Denomina-se padrão de drenagem ao arranjo (Figura 9), em planta, dos rios dentro da bacia de drenagem (ALLEN, 1965). Os diferentes padrões de drenagem determinam vários esquemas de classificação dos rios e das respectivas bacias.

No trecho estuda entre as cidades de Porto Rico e Porto São José, no estado do Paraná, o rio Paraná apresenta multicanal com braços separados, com classificação de anastomosado, caracterizado por sucessivas ramificações e posteriores reencontros de seu curso, separando ilhas assimétricas e barras arenosas (STEVAUX, 1994).



**Figura 8** – Representação esquemática de tipos de canais fluviais.

Modificada de Bigarella e Suggio, 1979.



**Figura 9** – Representação esquemática de padrões de drenagem.

Modificada de Bigarella e Suggio, 1979.

### 3.1.1. Transporte de areia no canal

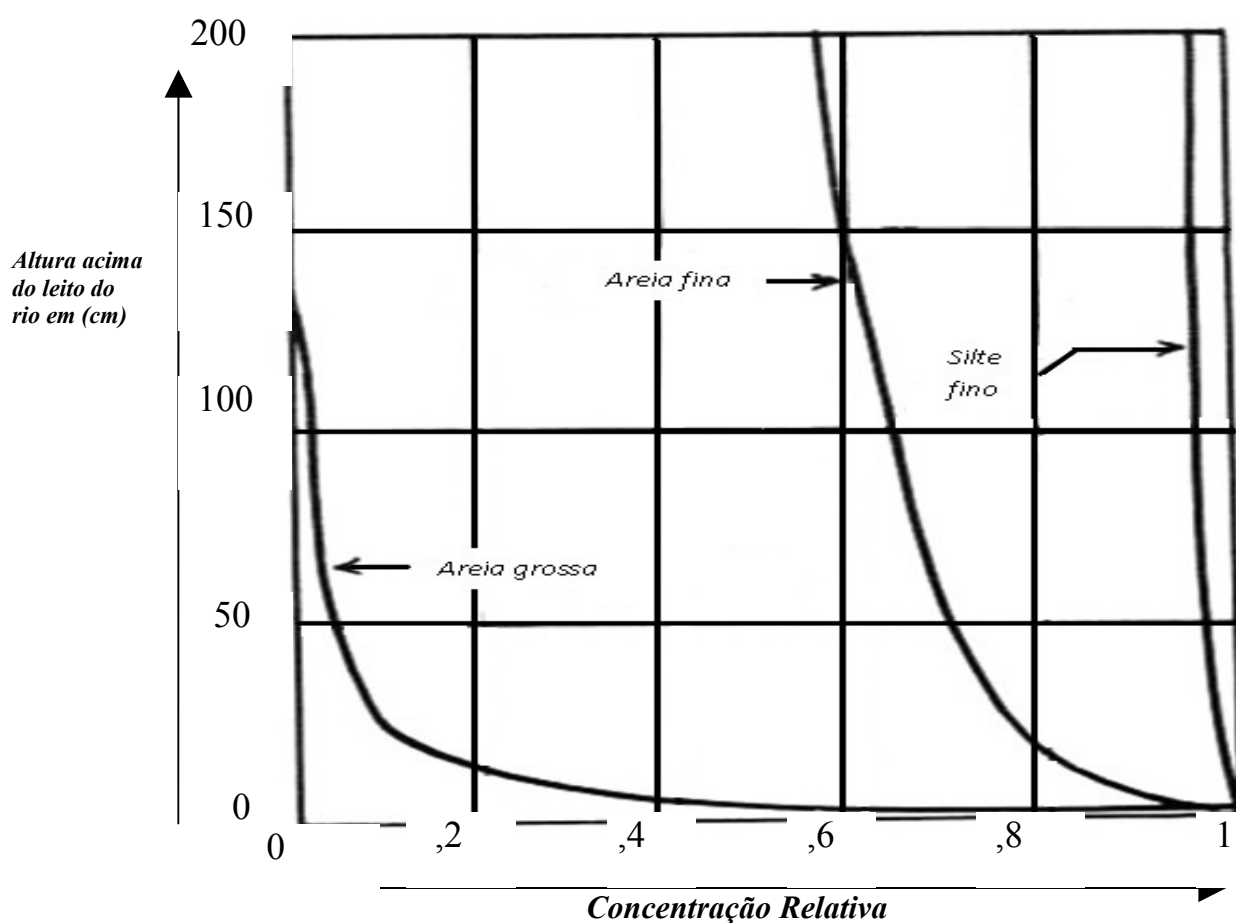
A energia disponível para o trabalho fluvial aumenta quando a fricção diminui, seja pela suavização do curso ou pela redução do perímetro molhado (BIGARELLA; SUGGIO, 1979). Na corrente são encontradas partículas que se deslocam em suspensão, por saltação ou rolamento (Figura 10). Nos rios brasileiros a carga em suspensão é bem maior que a carga dissolvida, principalmente nos períodos mais chuvosos.

A propriedade fundamental de extrema importância durante o transporte e deposição de uma partícula em meio fluido é a sua velocidade de decantação. Ela depende de fatores inerentes à partícula em decantação, tais como tamanho, forma e peso específico. Além disso, ela depende também de fatores ligados ao mesmo fluido como, por exemplo, viscosidade, peso específico, etc. O conhecimento do comportamento em meios fluidos e a compreensão das leis que regem o transporte e a deposição, progrediram muito graças aos estudos experimentais realizados em modelos de laboratório.

As leis da mecânica dos fluidos e velocidade de decantação constituem aspectos fundamentais que intervêm no transporte dos sedimentos. Durante a decantação em meio fluido, as partículas obedecem basicamente às leis de Stokes e do Impacto.

A apreciação dos problemas relativos à velocidade de decantação mostrou que para uma determinada granulação, as esferas decantam mais rapidamente do que os discos, bem como os minerais pesados assentam-se antes dos minerais leves. A medida que o transporte por suspensão progride, os grãos mais pesados e mais esféricos são os primeiros a atingirem o fundo, e como resultado, as partículas mais achatadas e mais leves são favorecidas pelo processo de transporte em suspensão.





**Figura 10** – Gradientes de concentração de areias grossa, fina e silte fino.

Modificada de Bigarella e Suggio, 1979.

A água percorrendo o sistema fluvial das cabeceiras à foz transporta energia potencial em cinética, que é aplicada para vencer a resistência do fluido com o fundo do canal e entre as próprias lâminas de água. Essa atividade e a troca de calor dela decorrente consomem cerca de 90 a 95% da energia do rio. Com os 5% restantes o rio promove erosão, transporte e modela seu canal. Como visto entre o material transportado e depositado pelo rio está o material particulado formado por cascalho, areia e lama. Os dois primeiros são transportados por tração, ou seja, por arraste, rolamento e saltação. O material do último tipo é transportado por suspensão.

A areia (e cascalho), utilizada na construção civil e minerada nos canais e depósitos fluviais, é portanto, transportada por tração. A interação entre o fluxo da água e o fundo móvel do canal produz uma perturbação no fluxo, que consiste na

formação do leito. A depender do tamanho e densidade das partículas e das características do fluxo (velocidade, densidade do fluido e profundidade) são geradas uma séries de formas de leito que viriam na forma, altura, comprimento e velocidade de migração (Figura 11).



**Figura 11** – formação de barra arenosa na margem esquerda do rio Paraná.  
Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)

### 3.1.2. Formação de barras arenosas

Ao longo do canal do rio Paraná é muito comum a formação de barras arenosas (Figuras 11 e 12), esse processo faz parte de um conjunto de condições hidrológicas e variáveis que o rio sofre, que pode apontar um desequilíbrio do seu sistema. Para BIGARELLA; SUGUIO, (1979), uma corrente é dita em equilíbrio quando nela não se verifica nem erosão e nem deposição de material em qualquer ponto do seu curso. O perfil longitudinal de equilíbrio da corrente apresenta forma côncava contínua, com declividade suficiente para transportar a carga do rio. A inclinação acentuada em direção às cabeceiras e decresce a medida que o rio se aproxima da foz. Sendo assim, a formação das barras arenosas notadas no trecho de estudo podem apontar uma inconformidade do sistema fluvial. Os autores antes citados, continuam definindo o perfil de equilíbrio de um rio, sendo influenciado por muitos fatores (volume e carga da corrente, tamanho e peso da carga, declividade e etc.).

Cada trecho do canal tende a alterar sua declividade e forma a fim de atingir um equilíbrio entre a carga que entra e a que sai do trecho considerado. Para um

maior entendimento dessas inconformidades que o sistema vem sofrendo nessa seção do canal deveremos analisar não só o quanto a extração de areia durante o seu período histórico possa ter contribuído, ou não, mas como também o represamento do rio à montante, com a construção do reservatório de Porto Primavera.



**Figuras 12** – Fotos (A e B) de formação de barra arenosa na margem direita do rio Paraná.  
Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007).

Dependendo do regime fluvial e da disponibilidade de material para transporte, a areia que está sendo transportada pode acumular em grandes corpos submersos (barras arenosas submersas) ou eventualmente aflorar à superfície do rio (Figuras 11 e 12 A,B). Seja qual for o tipo de barra, sua presença no rio é relativamente efêmera e sua distribuição, embora controlada pelas características do fluxo, tem um caráter aparentemente errático e varia, geralmente, a cada evento de cheia, podendo ser acrescida ou desaparecer (ser transportada pelo rio).

Alterações nas características tanto do fluxo como, da carga do material transportado (quantidade e textura), pode constituir ou erodir depósitos pré-existent no canal. (MARTINS; STEVAUX, 2006) determinaram a velocidade de migração, o tamanho e morfologia das formas de leito do rio Paraná em diferentes períodos no ciclo hidrológico (cheias e águas baixas), concluindo posteriormente (STEVAX; MARTINS; MEURER, 2008) que as características das formas de leito

desse rio modificou acentuadamente após o fechamento da reservatório Engenheiro Sérgio Motta (Figura 2).

### 3.1.3. Formas de ocorrência dos depósitos

Os depósitos de areia são resultados da concentração de grãos de quartzo pelos agentes naturais de intemperismo, transporte e deposição a partir de rochas preexistentes, gerando acumulações com maior ou menor concentração de areia e diferentes graus de facilidades nas técnicas de extração e recuperação ambiental. A mineração de areia pode estar relacionada a cinco ambientes geológicos distintos: *a)* Leitões de rios, *b)* Planícies e terraços aluviais de fundos de vales, *c)* Planícies costeiras, *d)* Coberturas de morros constituídas por formações sedimentares arenosas mais antigas e *e)* Coberturas de morros com mantos de alteração de rochas cristalinas quartzosas. Dessa forma, tanto a composição mineralógica da área, fonte, os processos de erosão, transporte e deposição influenciam na quantidade, na qualidade e no modo de exploração dos depósitos de areia.

A areia de origem fluvial e eólica são as que apresentam melhor aproveitamento. Os processos envolvidos nesses ambientes tendem a selecionar o material, a arredondar os grãos, bem como eliminar a matriz de partículas (silte e argila) que reduzem a qualidade do minério. A ocorrência de minerais pesados, por sua vez, raramente influencia na qualidade do minério quando usado na construção civil (areia para vidro deve ter quantidade extremamente baixas ou mesmo serem totalmente isentas desses minerais). Contudo, a presença de sal, óxido de ferro, excesso de feldspato ou fragmentos de rochas, bem como a ocorrência de matriz fina pode prejudicar a utilização desse minério na construção civil.

Nos processos sedimentares aluviais que atuam dentro e fora de um canal fluvial são fundamentais, tanto na caracterização das fácies fluviais, bem como dos tipos básicos de sistemas deposicionais fluviais. Portanto, da compreensão dos processos sedimentares, depende o reconhecimento das fácies específicas e, em consequência, do tipo particular de canal ou de qualquer feição pertinente (BIGARELLA; SUGUIO, 1979).

### **3.2. Exploração de areia em leito fluvial**

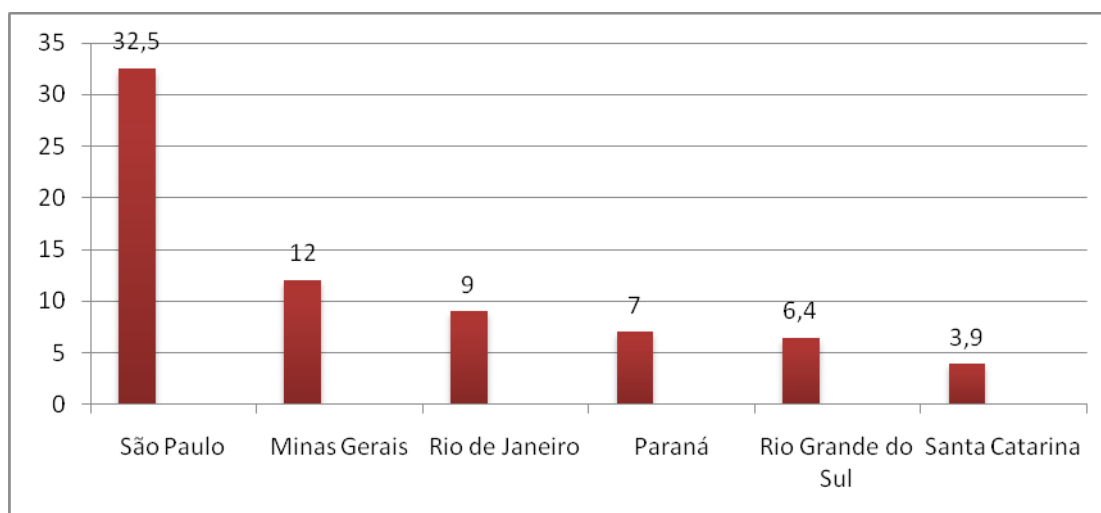
Segundo o Sumário Mineral – 2006, publicado pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral (2001), a mineração de areia em leitos fluviais é responsável por 90% da produção brasileira, e os outros 10% são provenientes das várzeas. O registro da extração de areia é disciplinado pela Lei Federal nº. 6.657/78, que dispõe sobre o desenvolvimento desta atividade econômica. Cujo registro só terá validade quando for reconhecido pelo DNPM. Cerca de 80% das minerações brasileiras são realizadas em APP (Área de Preservação Permanente), (Revista ANEPAC, Nº.31, 2005). De acordo com o Código Florestal (Lei nº 4771/65), redação que originou a Medida Provisória nº 2166-67/2001, elas representam espaços territoriais públicos ou privados, protegidos por lei, cobertos ou não por vegetação nativa. Às APPs é atribuída a função ambiental de proteger o solo, de assegurar o bem estar das populações humanas e de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a fauna e a flora, quando tais atributos se inserem, ao longo dos rios ou qualquer curso d'água. Levando-se em consideração a proteção das margens dos rios, esta atividade econômica torna-se extremamente delicada por essa característica, pois há necessidade de maiores investimentos em novas tecnologias, que permitam a exploração sustentável deste recurso natural.

Esta atividade de mineração tanto em leito fluviais, denominada lavra úmida, como a seca fora do canal, produz uma série de pontos positivos para as comunidades do entorno, por exemplo: geração de empregos, de arrecadações tributárias municipal e federal, além do desenvolvimento da malha viária são fatores diretamente afetados por essa atividade. No entanto, causa impactos ambientais negativos, como destruição da mata ciliar, poluições do ar, da água, sonora e visual.

#### **3.2.1. Importância econômica da extração de areia**

Cerca de 2.000 empresas se dedicam à extração de areia no país, essa produção é destinada tanto para a construção civil como à indústria. Na fundição de vidro, na

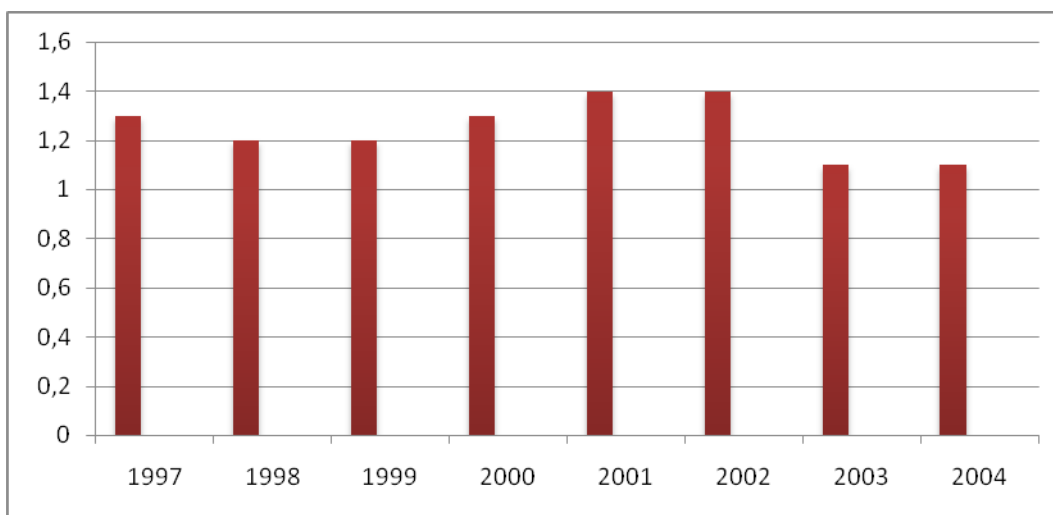
grande maioria pequenas empresas são familiares, gerando cerca de 45 mil empregos diretos, 60% produzem menos de 10.000 t/mês 35% entre 10.000 e 25.000 t/mês e 5% mais de 25.000 t/mês (DNPM, 2007). Destacam-se entre os principais pólos de produção de areia o do Vale do Rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo. Outras regiões produtoras são Sorocaba, Piracicaba e Vale do Rio Ribeira de Iguape, também no estado de São Paulo; e Seropédica, Itaguaí, Barra de São João e Silva Jardim, no estado do Rio de Janeiro; rios Guaíba, Caí e Jacuí, no estado do Rio Grande do Sul; Vale do Rio Itajaí, em Santa Catarina; Várzea do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba; Vale do Rio Tibagi no município de Ponta Grossa(PR) e o Rio Paraná na Região de Guaíra(PR). A maior produção de areia no Brasil é do estado de São Paulo, que também é o maior centro consumidor desse bem natural; o estado do Paraná produz 7 % da produção nacional (Gráfico 1).



**Gráfico 1** - Principais pólos de Extração de Areia (para todas as finalidades) no Brasil. Produção de areia em (%). Fonte: DNPM – 2005

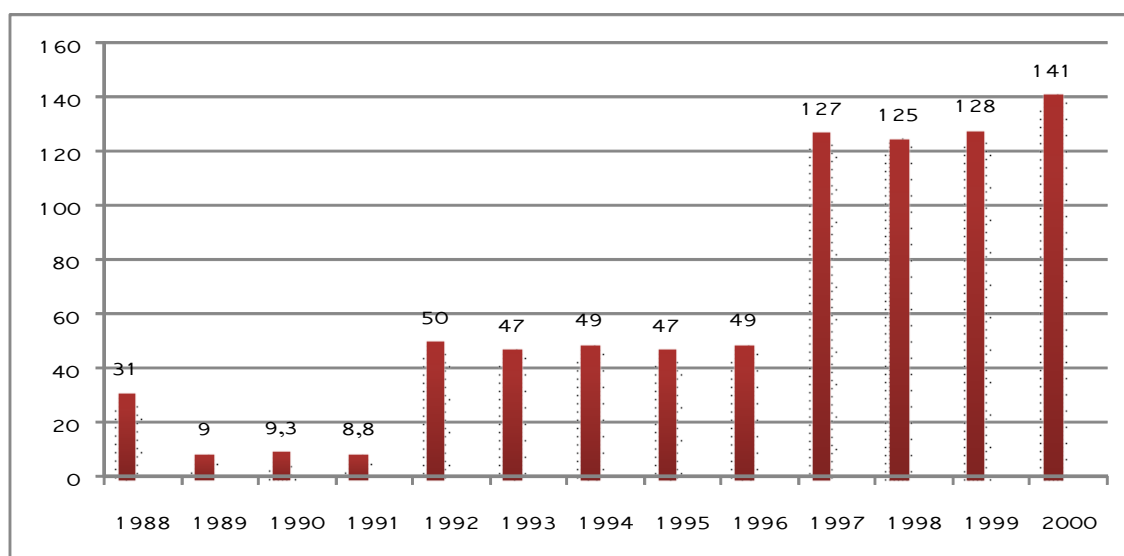
Um levantamento da FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas da USP - 2001) para o projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo constatou que, em autoconstrução, uma unidade básica de 35m<sup>2</sup> consome 21t de concreto, (4,8t de areia), em habitações populares; com 50m<sup>2</sup> consome 68t de concreto (27,2t de areia); um edifício público de 1.000m<sup>2</sup> consome 1.360t de concreto (544t de areia); uma escola padrão de 1.120m<sup>2</sup> consome 1.675t de concreto (670t de areia); em pavimentação urbana, 1 km de via pública de 10 m de largura consome entre 2.000t e 3.250t de concreto (entre 800t e 1.300t de areia) e uma estrada pavimentada normal, cerca de 9.500t/km de concreto (3.800t de areia). Esse estudo realizado pela FIPE revela em números a fundamental relevância da areia, para o desenvolvimento da construção civil, e o bem-estar da

população. No Brasil o consumo *per capita* de areia é pouco mais de 1t (Gráfico 2); enquanto que nos EUA chega a 7,5t ; na Europa 5t, o estado de São Paulo, o mais desenvolvido do país, é de 4,5t, ou seja, se aproxima do consumo europeu (DNPM, 2005). O consumo médio per capita de areia no Brasil entre os anos de 1997 e 2004 foi de 1,25 toneladas, muito abaixo da média mundial de 6 toneladas/ano, nos países desenvolvidos.



**Gráfico 2** - Brasil – consumo per capita de areia (para todas as finalidades) entre 1997 e 2004 em toneladas. (DNPM – 2005).

A França apresenta uma superfície de 547.030 Km<sup>2</sup>, e uma população de 63 milhões de habitantes, com um consumo per capita de 6,5 t/ano de areia (para todos os fins). Esses números mostram com são baixas a produção e o consumo de areia no Brasil em relação aos países desenvolvidos e de menor dimensão territorial. A produção de areia brasileira entre os anos de 1988 e 2000 se desenvolveu num quadro de evolução a partir de 1997 quando atingiu 128.898.870m<sup>3</sup>. Esse quadro relata a recuperação dessa atividade mineral, onde conheceu o seu pior desempenho nos anos de 1990 e 1991, quando a produção não atingiu 10.000.000 m<sup>3</sup>.



**Gráfico 3** - Quadro da Produção Brasileira de Areia (para todas as finalidades, em milhões/m³) de 1988 a 2000. (DNPM -2002)

### 3.2.2. Produção e consumo

Os agregados para a indústria da construção civil são os insumos minerais mais consumidos no mundo. Segundo o USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos, o consumo anual de bens minerais por habitante nos EUA, em 2000, foi da ordem de 10.000 kg – deste total foram representados por, 5.700 kg rocha britada e 4.300 kg por areia e cascalho. No Brasil este consumo é de pouco mais de 1 toneladas *per capita*, (Balanço Mineral, DNPM, 2001). Considerado como produto básico da indústria da construção civil, o concreto de cimento portland utiliza, em média, 42% de agregado graúdo (brita), 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos por metro cúbico. Decorre daí a importância do uso de areia com especificações técnicas adequadas (DNPM – 2005).

A privatização da malha rodoviária nacional tem impulsionado o consumo de agregados para a construção civil, especialmente nos estados de São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro, pois os concessionários são obrigados, além de melhorar as condições das estradas, a estendê-las ou duplicá-las. A malha rodoviária, ainda em poder do governo federal também está sendo beneficiada. Exemplo disso é a duplicação da BR-116 e da BR-101 na Região Sul para atender às necessidades do MERCOSUL. No estado de São Paulo, a construção do anel rodoviário que vai circundar a Região Metropolitana de São Paulo, ligando as principais rodovias, demandará alto consumo de agregados nos próximos sete anos, é o que projeta o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2005). Na produção mineral



total do estado de São Paulo, a extração de areia ocupa um lugar de destaque pelo volume das vendas, pois situa-se em segundo lugar; após a pedra britada (Tabela 1). Esse fato mostra a importância da areia na economia mineral do maior e mais importante estado do país. No Brasil, a construção civil é o principal setor consumidor para a areia e cascalho, sendo a areia industrial utilizada na fundição, vidro, cerâmica, tintas, vernizes, siderurgia, abrasivos, perfumes, sabões e velas.

Substâncias minerais	mil (R\$)
- Pedras Britadas	443.719
- Areia e Cascalho	337.741

**Tabela 1** - Principais Bens Minerais Produzidos no Estado de São Paulo em 2000 (DNPM, 2001)

1- Itaquareia Indústria Extrativa de Minérios Ltda.	SP	5,57
2- Osni de Mello	SP	4,90
3- Sociedade Mineradora de Areia do Rio Jacuí Ltda.	RS	2,17
4- SOMAR – Sociedade Mineradora Ltda.	RS	2,07
5- Pirâmide Extração e Comércio de Areia Ltda.	SP	1,56
6- Irmãos Hobi Ltda.	PR,SC	1,49
7- Mineração de Areia Paraíba do Sul Ltda.	SP	1,31
8- Jomane Porto de Areia Ltda.	SP	0,86
9- Agropecuária São Gabriel Ltda.	DF	0,85
10- Uralita Indústria e Comércio Ltda.	SP	0,84

**Tabela 2** - Principais Empresas Produtoras de Areia no Brasil (%) (DNPM, 2005)

Entre as principais empresas mineradoras de areia do Brasil (Tabela 2), o estado de São Paulo ocupa um lugar de destaque pelas produções de seis empresas, entre as dez maiores produtoras do país, que perfazem 15,04%. Esses números mostram a importância deste estado como mercado produtor e, a frente dos demais estados da federação. A produção e o consumo de areia acompanhou o crescimento dos grandes centros urbanos brasileiro.

<b>Setores</b>	<b>valores em ( % )</b>
Construção Civil	61,94
Construção e Manutenção de Estradas	3,66
Artefatos de Cimento	1,25
Aterro	0,96
Comércio de Materiais de Construção	0,91
Argamassa Para a Construção	0,28
Pavimentação Asfáltica	0,11
Artefatos de Comércio	0,08
Cerâmica Vermelha	0,08
Metalurgia dos Não-ferrosos	0,07
Fundição	0,06
Siderurgia	0,04
Ferro-liga	0,04
Cimento	0,03
Extração de Petróleo e Gás	0,03
Extração e Beneficiamento de Minerais	0,01
Aterro Sanitário e Jateamento	0,00
<i>Não Informado</i>	30,45

**Tabela 3-** Mercado Consumidor Setorial de Areia no Brasil em 2005 (DNPM, 2005)

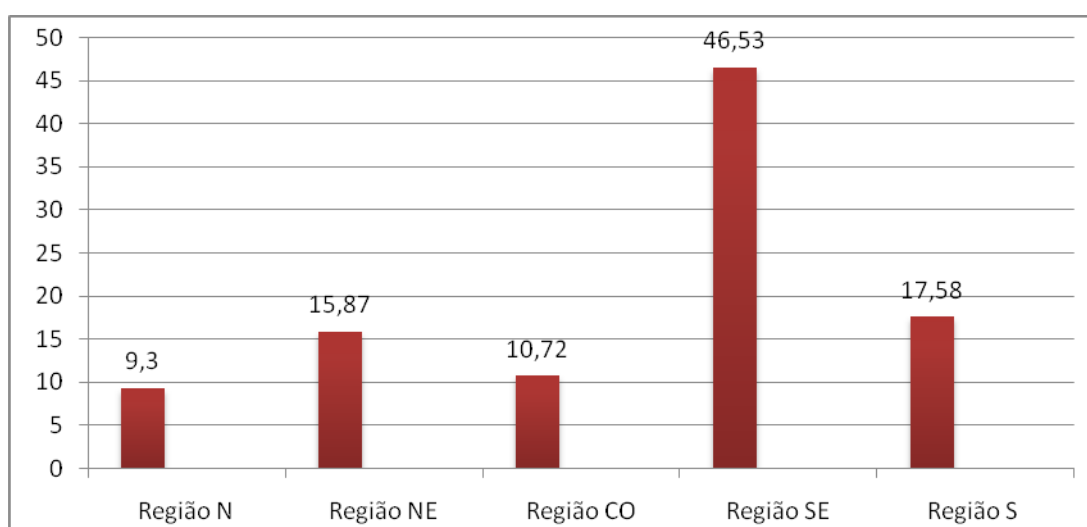
<b>Setores</b>	<b>valores em ( % )</b>
Ferro-liga	31,55
Construção Civil	24,43
Cimento	10,64
Argamassa para Construção	8,78
Metalurgia dos Não-ferrosos	7,07
Pisos e Revestimentos	5,39
Comércio de Materiais para Construção	3,42
Fertilizantes	3,29
Cerâmica Branca	1,27
Fundição	1,20
Artefatos de Cimento	1,05
Vidros	0,64
Cerâmica Vermelha	0,20
Refratários	0,20
Isolante Elétrico	0,11
Aparelhamento de Pedras para Construção	0,11
Filtros	0,08
Aparelhamento de Placas e Pedras para Construção	0,08
Construção e Manutenção de Estradas	0,07
Fabricação de Óxidos	0,05
Dispositivos Eletrônicos	0,04
Tratamento de Água e Esgoto	0,01
<i>Não Informado</i>	0,29

**Tabela 4 -** Mercado Consumidor Setorial- Areias Industriais no Brasil (DNPM, 2005)

AREIA		AREIAS INDUSTRIAIS	
Estados	(%)	Estados	(%)
São Paulo	81,44	São Paulo	51,09
Minas Gerais	1,98	Santa Catarina	13,71
Bahia	1,18	Minas Gerais	12,81
Mato Grosso do Sul	0,92	Rio de Janeiro	6,15
Goiás	0,73	Pernambuco	1,79
Paraná	0,69	Rio Grande do Sul	1,07
Tocantins	0,63	Pará	1,04
Distrito Federal	0,57	Ceará	0,33
Acre	0,42	Paraná	0,07
Pará	0,15	<i>Não Informado</i>	11,94
Rondônia	0,13		
Santa Catarina	0,07		
Mato Grosso	0,04		
Amapá	0,01		
<i>Não Informado</i>	11,04		

**Tabela 5** - Mercado Consumidor Brasileiro de Areia Por Estado, ano base 2005 (DNPM, 2005)

A produção de areia nacional assim como a mundial, movimentava vários seguimentos da economia do país (Tabelas 3,4 e 5), principalmente o da construção civil. Com um destaque para as áreas de maior urbanização e desenvolvimento industrial e econômico, como o Sudeste e Sul. O estado de São é a grande mola propulsora e termômetro para essa atividade econômica, os números acima mostram o desenvolvimento e o desempenho de alguns estados da federação. Quanto a mão-de-obra há uma grande concentração, com quase a metade, na Região Sudeste (Gráfico 4).

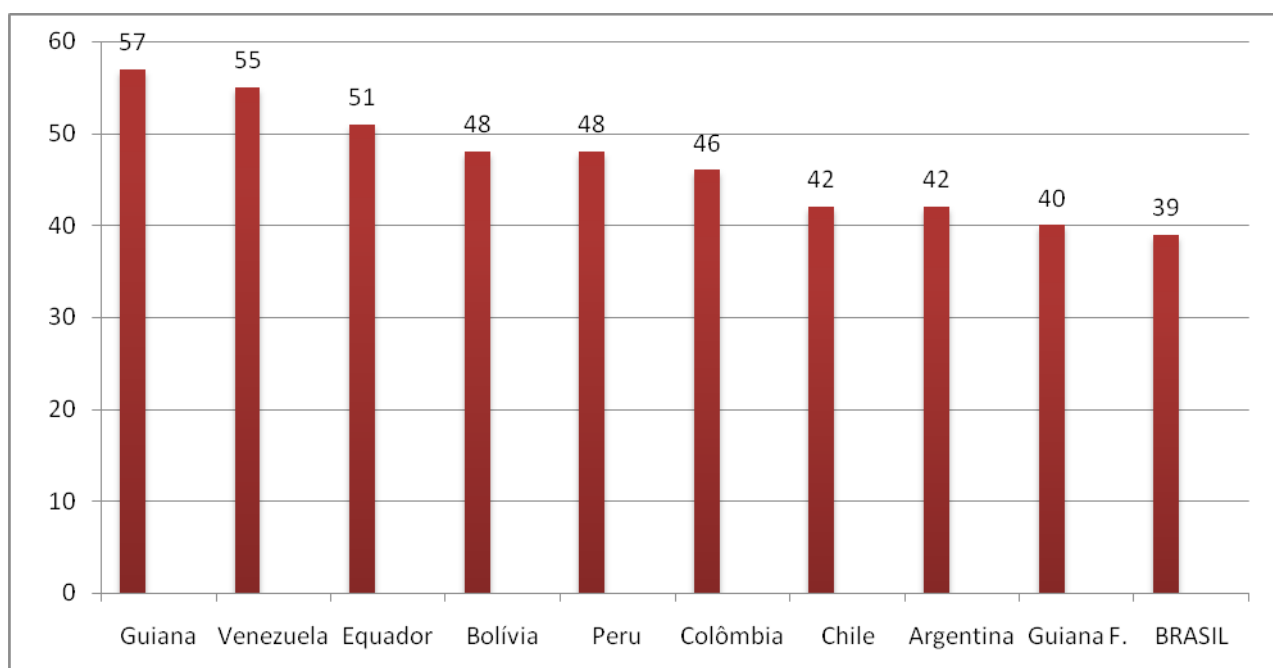


**Gráfico 4** - Distribuição de mão-de-obra por região, valores em (%). (DNPM - 2005)

### 3.2.3. Imposto sobre a produção de areia na América Latina

O nível, estrutura e composição comparativa dos sistemas fiscais na mineração são indubitavelmente determinantes chaves dos investimentos das corporações e no desenvolvimento na exploração das atividades mineradoras, como a de extração de areia em canal de rios. A compreensão da composição da riqueza potencial dos depósitos minerais é essencial para uma análise realista das conseqüências econômicas da taxa mineral. A ligação vital entre riqueza mineral potencial e sua realização na prática, freqüentemente ignorada e raramente bem compreendida, é ilustrada com o quadro de taxa nos países da América do Sul (Gráfico 5).

Os atributos da riqueza mineral podem ser examinados em termos das características do tamanho e qualidade dos depósitos econômicos. Primeiro a variabilidade essencial nos atributos geológicos, segundo o reflexo desses aspectos geológicos em suas características de medidas econômicas de tamanho e qualidade – receita e taxa de retorno. Finalmente, o tamanho do depósito e as características de qualidade deve ser combinadas para determinar a medida final de valor econômico.



**Gráfico 5** - Imposto sobre a produção de areia em alguns países da América do Sul. Valores em (%) (Mod. MACKENZIE, 1988)

### 3.2.4. Mineração de areia para construção civil

A areia para construção civil pode ser definida como uma substância mineral granular, inconsolidada, constituída por grãos predominantemente quartzosos, com tamanhos na faixa entre 2,0 mm e 0,07 mm. Além do quartzo, outros minerais também podem estar presentes na composição das areias, em quantidades variáveis, a depender da composição geológica do depósito, como feldspato, mica, minerais pesados, óxidos e hidróxidos de ferro. Segundo classificação do IPT (2005), comercialmente as areias para construção civil recebem designação segundo o grau de beneficiamento a que são submetidas:

a) **Areia bruta** – não beneficiada, b) **Areia lavada** – lavagem simples para limpeza de partículas finas e substâncias indesejáveis e c) **Areia graduada** – areia que obedece a uma classificação granulométrica previamente estabelecida (Tabela 6).

Areia grossa.....	2,00 mm a 1,20 mm
Areia média.....	1,20 mm a 0,42 mm
Areia fina.....	0,42 mm a 0,074 mm

**Tabela 6** - Termos granulométricos de areia encontradas no mercado (IPT, 2005)

Na construção civil, a areia é empregada como agregado para concreto, argamassas, blocos e pavimentação. Sua granulação e forma têm papel importante na economia do consumo de cimento na preparação de argamassas ou de concreto. Apesar de não haver um rígido controle das especificações químicas e mineralógicas, a aplicação da areia na construção civil tem restrições a materiais deletérios (matéria orgânica, materiais friáveis, sais solúveis, materiais pulverulentos – menor que 0,074 mm), que podem interferir na qualidade do concreto e das argamassas.

### 3.3. Avaliação de Impactos Ambientais

Apesar de a bacia hidrográfica do rio Paraná ser uma das mais estudadas no país, não existem trabalhos específicos sobre os impactos ambientais provocados pela extração de areia no seu canal. Esse fato torna-se mais intrigante, uma vez que a atividade é extremamente relevante, e cada vez mais, existe o consenso que as empresas de mineração devem ter em suas listas de prioridades a eliminação de seus possíveis efeitos prejudiciais aos ecossistemas. Essas prioridades devem levar em conta a existência de estratégias de ação de curto e longo prazos.

As estratégias de curto prazo existem somente no período em que a mineração atua na comunidade. Já as de longo prazo, são as que perduram além do tempo de vida da mineração. Esta última denominada de “política de gestão ambiental” pautada no desenvolvimento e implantação de ações mitigadoras, como por exemplo, a recuperação da mata ciliar e o tratamento da água residual que retorna para o sistema fluvial sem causar impactos ambientais negativos.

Para CAMARGO e BIUDES (2003) é preciso destacar a importância ecológica e biológica das várzeas, dada a alta diversidade de abrigos e alimentos que propiciam e, por consequência, uma grande diversidade biológica. A importância das várzeas vai além da questão ecológica, ela passa pela manutenção e preservação dos recursos hídricos, que são indispensáveis para o desenvolvimento da vida humana. Embora as várzeas sejam mais comumente lembradas pela degradação ambiental causada pela extração de areia, o canal, na verdade, é extremamente afetado. Por encontrarem-se submersos, e sem condição visual de detecção, os impactos no canal acabam sendo negligenciados quando comparados com os sofridos pelas várzeas. No entanto, impactos como, mudança na textura do material de fundo, na morfologia e na dinâmica das formas, e mesmo na pendente do leito são de grande importância à ecologia local, principalmente na comunidade zoobêntica que é a base da teia alimentar do sistema (STEVAUX, 1995).

Na preservação das várzeas, o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, através da Resolução de nº. 303, de 20 de março de 2002, no sentido de proteção destas, constitui APP – Área de Preservação Permanente a área situada:

Em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

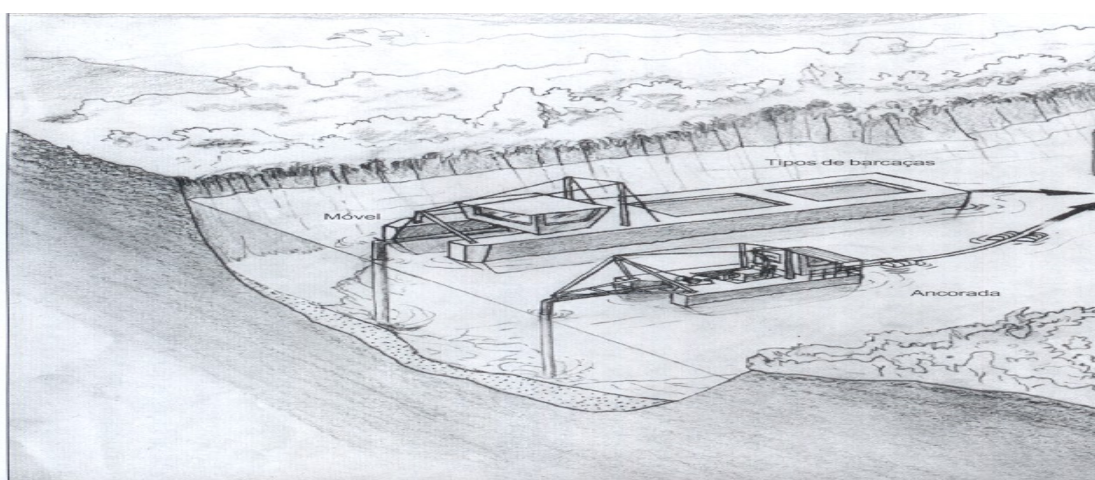
- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura. *(e segue com outras disposições)*

As disposições do CONAMA, na resolução acima citada, servem para o desenvolvimento e aplicação de políticas públicas e privadas, voltadas para o uso e ocupação de recursos naturais, rios, aqui no caso estudado, de forma a reduzir os possíveis impactos ambientais negativos provocados por ações antrópicas.

A gestão ambiental desses recursos envolve duas dimensões significativas: uma referente à quantidade de água disponível e a outra relacionada com sua qualidade. Nesse sentido, convém observar que os elementos químicos liberados pelas dragas em contato com a água do rio, na atividade de extração mineral, como óleo, graxa e lubrificantes, somando ao dióxido de carbono jogado no ar pela queima de combustível (óleo diesel), são impactantes ao meio ambiente, pois afetam o ar, solo e água, descrevendo caminhos que são cíclicos.

### 3.3.1. Extração de areia por dragagem hidráulica em leitos submersos

O termo dragagem é empregado de maneira ampla para qualquer tipo de mineração ou obra em que o material é retirado sob um leito d'água, incluindo tanto máquinas que operam por simples escavação mecânica, quanto as que utilizam a força da água (no caso, força de sucção). Ambas são aplicadas para retirada das camadas dos sedimentos arenosos submersos no fundo dos rios, lagoas, represas, etc. A draga bombeia a areia e outros sedimentos que estão depositados no fundo do rio, utilizando a água como veículo. A mistura de areia e água bombeada, denominada de polpa, contém normalmente uma proporção de 60% de água e 40% de areia (IPT, 2005). No ponto de bombeamento há grande revolvimento de material, levando a alterações na concentração de sólidos em suspensão no local da dragagem (Figura 13). A areia bombeada fica depositada na draga e a água retorna ao rio juntamente com os sedimentos finos. O volume de água bombeado pela draga é praticamente todo devolvido ao rio, com exceção de uma pequena parcela que fica agregada à areia.



**Figura13.** Extração de areia em leito de rio por dragagem utilizando balsa móvel ou fixa. Adaptado de (ALMEIDA, 2002)





**Figura 14** – Área degradada pela extração de areia em Caçapava (SP)

Foto: (Benedito Jorge dos Reis, 28/10/2003)

Na Figura 14, observar-se vários impactos ambientais negativos com uma atividade mineradora – extração de areia em Caçapava (SP), sem as devidas preocupações de minimizar os danos ambientais causando alterações no solo, vegetação e lençol freático, e contribuindo para o assoreamento de rios da região. A falta de um planejamento sustentável de extração de areia no canal do rio acaba proporcionando um conjunto de impactos ambientais negativos para o sistema fluvial. Como pro exemplo, destruição da mata ciliar, assoreamento do sistema fluvial, formação de lagoas sem conexão entre elas e nem com o rio principal, entre outros. Esse modelo de exploração mineral serve como base comparativa entre aqueles que se preocupam com a preservação ecológica e outros que não desenvolvem métodos mitigadores. Contudo, a participação do órgão competente para fiscalização dessa atividade econômica, cobrando uma postura na redução dos impactos ambientais negativos é de fundamental importância, já que algumas empresas investem em projetos de preservação e recuperação ambiental sem incentivos fiscais para tal. Então, fica uma indagação, por que empresas precisam desenvolver projetos sustentáveis, já que envolve custos para a produção?

Parece que o governo brasileiro sofre de uma miopia ambiental, já que não consegue enxergar empreendimentos com responsabilidade sócio-ambiental e que por isso não recebem tratamento diferenciado, como redução de impostos.

## 4. PROBLEMAS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À MINERAÇÃO DO RIO PARANÁ

### 4.1. O Porto de areia “ecologicamente correto” de Porto São José (PR)

No caso da extração de areia na seção do rio Paraná entre as cidades de Porto Rico e de Porto São José (PR), foram implementadas medidas de combate a erosão das margens com a revegetação, construção de um tanque de decantação e de um terminal composto de silos (Figura 15), que recebe a areia das dragas por uma tubulação, levando o material extraído do canal do rio para o conjunto de silos, onde é feita a divisão granulométrica – areia fina, média, grossa e cascalho, que através de uma esteira movida a eletricidade, é transportada aos depósitos finais de distribuição para os caminhões, onde a produção é escoada. Esses depósitos finais estão a uma distância de 500 metros da margem do rio, como determina a Resolução N° 303/2002 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), que estabelece em quinhentos metros de preservação da área de margem, quando o curso d'água tem mais de seiscentos metros de largura.



**Figura 15** – Primeiro conjunto de silos, onde é feita a separação granulométrica da areia extraída do canal do rio Paraná. Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)

Com o recuo de cerca de 50 metros da margem do rio para receber o material extraído pelas dragas (FIGURA 15), evita-se uma série de impactos ambientais negativos para o sistema fluvial, podendo listar como principais:

- Retirada da mata ciliar.
- Processos erosivos na margem.
- Assoreamento do rio.
- Poluições da água, solo e ar.
- Redução da biodiversidade local.
- Redução de áreas para pouso de aves na margem,
- Alteração do sistema de drenagem natural.
- Alteração da fauna.



**Figura 16** – Draga utilizada no processo de extração de areia no alto curso do rio Paraná. Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)

A dragagem (Figura 16) no alto curso do rio Paraná, no trecho do município de Porto Rico (PR), é intenso e feito durante 16 horas/dia, de segunda a sábado. Segundo a revista (ANEPAC, N°. 31, 2005), o porto de areia de Porto São José (PR) e sua estrutura é classificado como o primeiro porto de areia ecologicamente correto do Brasil, já que atende a todas atribuições do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, para o funcionamento respeitando o meio ambiente e a legislação pertinente.



**Figura 17** – Vista da esteira elétrica que leva a produção mineral ao segundo conjunto de silos finais, onde os caminhões são carregados. **A**: vista panorâmica da esteira, respeitando uma altura mínima do solo para forma um corredor para os animais transitarem entre os dois lados da mata; **B**: vista interna da extração transportando a produção de areia das margens do rio ao conjunto final de silos. Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)

Um dos maiores desafios do projeto de exploração mineral era o cumprimento do Código Florestal (Lei Federal N° 4.771/65) no que tange à Área de Preservação Permanente – APP do Rio Paraná, cuja largura mínima da faixa de preservação é de 500 metros, a partir de suas margens. Esse desafio foi enfrentado com a construção do terminal projetado pelo Eng° Civil Paulo Roberto Fuzeto, envolvendo a mínima utilização possível da APP do Rio Paraná, tendo sido licenciado pelo IAP – Instituto Ambiental do Paraná, que exigiu o prévio reflorestamento do restante da APP para que as obras construtivas tivessem início.

O Compromisso de Ajustamento firmado obrigou os mineradores a cumprirem uma série de itens que estivessem em consonância com as normas de controle ambiental. Assim, a continuidade da atividade de mineradores na região dependia da instalação de um terminal de descarga e armazenagem que atendesse todas as mineradoras que subscrevem o TAC (Termo de Ajustamento de Compromisso).

Diante dessa situação os empreendedores da região buscaram na união de forças o caminho para solucionar a questão, tendo sido criada a APA – Associação das Indústrias Extrativas de Areia do Noroeste do Paraná. A seqüência de fotos (Figura 17: A e B) apresentadas, demonstra todo o trabalho feito e denota que, com boa vontade todo e qualquer atividade econômica consegue resolver problemas até mesmo aparentemente mais difíceis de se resolver.

Decorridos 6 anos da assinatura do Compromisso de Ajustamento, as empresas instalaram o terminal, encontram-se em operação, têm produzido entre 50.000 e

60.000 m<sup>3</sup> mensais, e encontram-se devidamente licenciadas. Todo esse trabalho promoveu a otimização da relação custo/benefício da cadeia produtiva do bem mineral na região, em concordância com a conservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado. Grande parte do sucesso da atividade mineradora no canal do rio Paraná na seção da cidade de Porto São José (PR), é devida à postura positiva do IAP e dos empreendedores, que assumindo um ajuste de conduta voltada para a minimização dos impactos ambientais negativos para o sistema fluvial como um todo. Com a construção deste porto de areia, na cidade de Porto São José (PR), foram vários os impactos ambientais negativos minimizados e anulados na atividade mineradora, podendo ser elencados da seguinte forma:

- Proteção das margens contra erosão com a reposição da cobertura vegetal e o recuo dos depósitos (silos) mais para o interior (Figura 15), afastando assim o contato com uma área de maior fragilidade.
- Substituição de máquinas carregadeiras e caminhões nas margens do rio, por um sistema tubular de transporte conectado a draga e ao depósito primário, o primeiro silo (Figuras 15 e 18).
- Redução de nove areais para um único ponto de recebimento da produção, reduzindo a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, já que havia um consumo de 120 mil litros de óleo diesel mensalmente.
- Recuperação das áreas degradadas, com reflorestamento com espécies nativas, restabelecendo o ecossistema primitivo e seqüestrando carbono.
- Implantação de tanques de decantação para a água residual retorna ao sistema fluvial com o mínimo de sedimentos.
- Sistema de clareamento da água antes do seu retorno ao sistema.



**Figura 18** – Vista da tubulação nas margens do rio Paraná, que recebe a areia da draga.  
Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)

Ponto de descarga do material extraído para o primeiro conjunto de silos na margem esquerda do rio Paraná, seção da cidade Porto São José (PR). A areia é levada através de tubos de ferro para o primeiro silo, evitando o depósito da produção na margem do rio. Esta operação evita processos de alteração na margem do sistema fluvial, como erosão pela água na degradação e remoção do solo, conseqüentemente assoreamento do rio e perda de vegetação. Outra medida de redução de impactos ambientais negativos foi a revegetação das margens (Figura 18). São medidas como essas que viabilizam atividades econômicas com o menor impacto negativo para o meio ambiente, ou seja, acaba proporcionando um conforto ambiental, através de medidas de mitigação e compensatórias, necessárias para o controle ambiental do empreendimento mineral.

Com o afastamento dos depósitos (silos) de extração de areia das margens do rio, diminui possíveis fatores de alteração no meio ambiente e os principais impactos ambientais negativos a ele associado, com ênfase ao retorno de sedimentos ao sistema fluvial. Essa medida diminui a pressão contra o rio, dando uma oportunidade maior para a reabilitação das margens, como a volta da vegetação, tornando-se uma ambiente mais confortável para o pouso de aves, e que entre os aspectos positivos se encontra o retorno da fauna local, proporcionando um equilíbrio e uma interação entre o meio físico, biótico e o antrópico.

As operações necessárias para a realização da mineração podem acarretar alterações em processos do meio ambiente, as quais, dependendo da técnica

utilizada no empreendimento, pode reduzir os impactos ambientais negativos, como ocorre na atividade de extração mineral (areia) no alto curso do rio Paraná, na seção estudada. Não há alterações significativas com a estocagem do produto, assim como no seu transporte, que é feita por meio de uma esteira elétrica que leva a produção para os silos finais.

A areia desaguada segue numa esteira elétrica do primeiro conjunto de silos que fica próximo as margens do rio. A distância entre os primeiros silos na margem do rio e os silos finais é de 500 metros, atendendo a Resolução CONAMA nº. 303, fora da APP. Com isso contempla a legislação ambiental e ao mesmo tempo compreende as ações voltadas à proteção e conservação do meio ambiente, como fragmentos de mata. Neste empreendimento houve o cuidado com a altura da esteira para que ela não ficasse muito rente ao solo, propiciando um corredor ecológico entre os fragmentos de mata que foram reflorestados. No corredor formado pela esteira foi colocada uma vegetação rasteira que segura o solo, evitando agentes externos erosivos do relevo, como a erosão eólica e pluvial. Assim, a quantidade de sedimentos transportado para o sistema fluvial é reduzido de maneira significativa.

Um ponto positivo da esteira é a redução de ruídos no ambiente, além de evitar a operação de caminhões e tratores na área reduzindo significativamente a quantidade de poluentes lançados na atmosfera local e contribuindo para um bem-estar sócio-ambiental.



**Figura 19** – Segundo conjunto de silos finais, fora da área da APP do rio Paraná.  
Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007).

O segundo conjunto de silos (Figura 19), que fica fora da APP do rio Paraná, a 500 metros da sua margem. Com a instalação dos silos numa distância considerável do leito do rio, reduz o contato das atividades antrópicas com o sistema, como o intenso fluxo de caminhões e máquinas carregadeiras, com isso o risco de contato de graxa, lubrificantes e óleo diesel com as águas do rio se torna quase nenhum.

A eficácia dessas medidas adotadas deve ser observada por meio de indicadores ambientais que, nessa atividade, pode ser denominada como modelo e parâmetro para o desenvolvimento de futuras instalações de extração mineral em leitos de rios, sendo um exemplo de desempenho numa atividade essencial para o desenvolvimento urbano e de bem-estar humano. Para isso, algumas medidas foram tomadas nesse projeto:

- a) Discussão e orientação quanto à elaboração dos projetos de licenciamento, recuperação e instalação do terminal de beneficiamento e depósito;
- b) Doação de 64.000 mudas de árvores nativas, contemplando 33 espécies diferentes dos diversos estágios sucessionais, cada árvore seqüestra 179 kg de dióxido de carbono/ano (cálculo feito pela ONG Iniciativa Verde);



- c) Orientação quanto às técnicas de plantio e manejo das mudas doadas;
- d) Monitoramento do desenvolvimento das mudas até que atingissem determinada altura e realizassem a cobertura do solo através de suas copas.

A manutenção do meio ambiente é condição essencial para a qualidade e bem-estar da vida. É preciso planejar a exploração do espaço natural de tal modo que os impactos ambientais negativos sejam os mínimos possíveis. No caso da exploração de areia no canal do rio Paraná na seção da cidade Porto São José (PR) é feita de modo que contempla o que há de mais confortável para o meio ambiente, esse conforto ambiental é sinônimo de um modelo de exploração mineral no sistema do rio que anula uma série de situações indesejáveis na relação homem-meio ambiente para os dias atuais, onde a busca de um sistema de exploração sustentável parece ser inquestionável, mesmo que torne o projeto mais oneroso, porém necessário.

A atividade mineradora de extração de areia no canal do rio Paraná, tem muitos pontos positivos naquilo que tange a preservação do sistema enquanto objeto de exploração nessa atividade econômica de muita importância para o desenvolvimento social, que abrange vários seguimentos e dá suporte a tantas atividades, como: hospitalar, educacional, construção de vias públicas e outros.

## 5. METODOLOGIA

A pesquisa está composta pelas etapas de compilação bibliográfica de textos técnicos pertinentes ao tema em estudo e trabalhos de campo, voltados ao estudo da área de mineração no canal do rio Paraná. Na primeira fase foi realizada uma compilação das informações bibliográficas com abrangência dos seguintes temas: a) técnicas utilizadas nos processos de extração de areia em leito de rios, incluindo os equipamentos mais utilizados; b) formas de avaliação dos resultados no processo de extração mineral, com suas conseqüências para o sistema fluvial, levando em consideração indicadores de desenvolvimento sustentável; e c) qual a resposta do rio ao processo de extração de areia em seu canal, o quanto isso é perceptível em mudanças nos últimos 50 anos. A avaliação das informações obtidas tratou de destacar a aplicabilidade das técnicas adotadas em extração de areia em canal de rio. Desta forma, acredita-se que tal análise poderá ser útil como referência para outros projetos de extração de areia. Pretende-se apontar os avanços observados, organizando-os e colocando-os à disposição dos interessados no assunto. O objetivo é suprir lacunas do conhecimento fundamental sobre o tema, fato que ainda predomina nas práticas atuais de extração de areia em canal de rio.

Na segunda fase, foram realizadas batimetrias em pontos onde é feita a extração de areia atualmente, e em pontos onde se fazia, para comparar a profundidade do canal depois da exploração mineral. Nessa fase foi acompanhado todo o processo de extração mineral, a extração de areia pelas dragas, a estrutura montada na margem do rio para receber e escoar a produção. Essa avaliação levou em consideração os seguintes itens: revegetação da margem, poluição sonora provocadas pelas dragas, poluição das águas do rio por lubrificantes, graxa e combustível, contribuição para o desassoreamento do sistema fluvial.

A organização dos conceitos e fundamentos advindos das fontes bibliográficas, em conjunto com as experiências observadas no objeto de estudo, torna possível verificar quais são os processos e métodos mais convenientes para se conduzir um projeto de extração de areia em canal de rios. Finalmente, a metodologia de estudo pauta-se pela identificação de procedimentos praticados em tal atividade

econômica e uma análise de seus resultados, cuja aplicabilidade se mostra eficiente para o desenvolvimento de ações mitigadoras, provocando um conforto ambiental entre a necessidade social e a preservação do meio ambiente.

A pesquisa foi realizada por meio das seguintes etapas:

*a) Compilação bibliográfica*

Nesta etapa foram consultados dados disponíveis na literatura científica como também relatórios e anuários de mineração. Uma fonte muito importante de dados foram os relatórios obtidos diretamente nas empresas mineradoras locais, principalmente na Associação dos Portos de Areia do Noroeste do Paraná, localizada em Porto São José, Município de São Pedro do Paraná (PR). Foram utilizadas também antigas cartas de navegação da Marinha do Brasil (1952), que propiciaram informações da morfologia do fundo do canal, que foram posteriormente comparadas à morfologia atual.

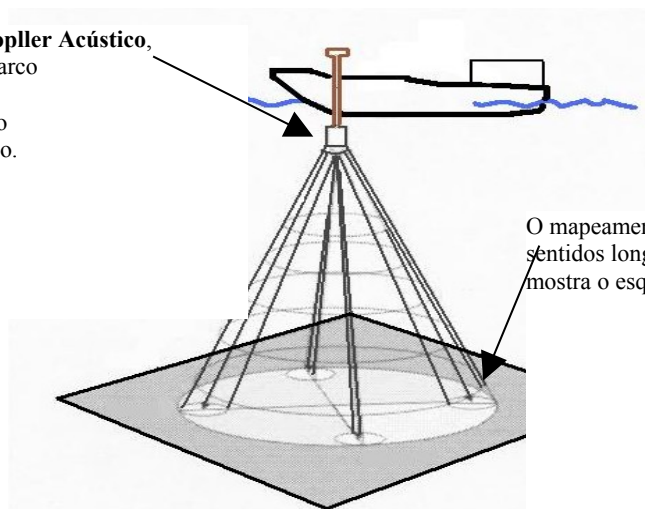
*b) Trabalho de campo*

Foram realizadas três campanhas de quatro dias, cada uma delas em diferentes períodos no rio Paraná, para coleta de dados em campo. Estes trabalhos tiveram como base de apoio o NUPELIA da universidade de Maringá, que incluíram:

- I. Levantamento batimétrico: Para esta atividade utilizou-se eco-sonda (FURUNO) acoplada a GPS. Foram efetuadas cerca de 10 seções transversais em trechos do canal do rio onde há maior atividade mineradora de extração de areia.

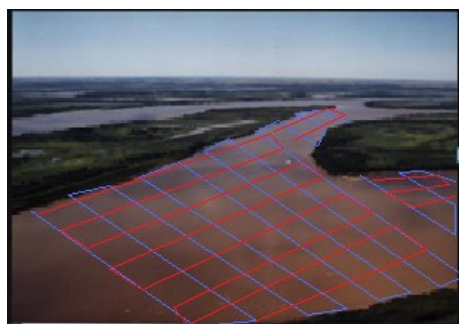
- II. Velocidade e características de fluxo: Foram realizados levantamentos locais de velocidade e estrutura de fluxo por meio de um Perfilador Doppler Acústico (Figuras 20 e 22) de corrente (ADCP). Como a intenção era avaliar a perturbação do fluxo causada pela dragagem, foram executados levantamentos nos locais e no momento em que as dragas estavam em atividade.

Perfilador Doppler Acústico, acoplado ao barco mapeando as formas de leito no fundo do rio.



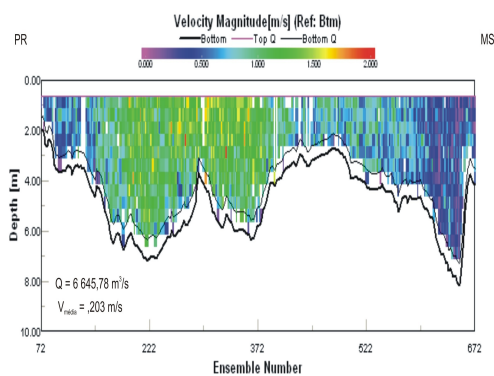
O mapeamento do fundo do rio é feito nos sentidos longitudinais e transversais, como mostra o esquema da figura 21.

**Figura 20** – Representação esquemática do trabalho do barco Perfilador Doppler Acústico mapeando as formas de leito no fundo do rio Paraná.



Seções longitudinais  
Seções Transversais

**Figura 21** – Representação das seções de mapeamento



O Perfilador Doppler Acústico é acoplado a um computador no barco, que depois da realização das seções de batimetria gera um gráfico com as características das formas de leito do fundo do rio.

**Figura 22** – Gráfico da velocidade da corrente do rio Paraná

- III. Coleta de material de fundo: Para avaliação do tipo de material dragado foram coletadas amostras diretamente na saída das bombas das dragas. Foram tomadas diferentes amostras, de modo obter uma média mais representativa.
- IV. Coleta de água: Com o intuito de avaliar mudanças na concentração de sedimentos suspensos induzidas pela atividade de dragagem, foram coletadas amostras de água por meio de garrafa de Van Dohrr durante a dragagem.
- V. Mapeamento de áreas de extração: Sob a orientação dos trabalhadores locais, foi feito um mapeamento dos locais de extração de areia. Essa atividade informações não apenas dos pontos atuais de extração, mas também, dos locais que foram abandonados por diferentes causas.
- VI. Visitas ao porto de areia: Foram realizadas visitas ao principal porto de areia da região, com o objetivo de conhecer o processo de retirada de areia da balsa, seu transporte até o local de depósito e o embarque nos caminhões para escoamento da produção.

#### *c) Trabalho de laboratório*

As amostras de água e sedimento foram processadas no Laboratório de Geociências da Universidade de Guarulhos. Para tanto foram utilizados os métodos tradicionais de filtragem para determinação da carga suspensa, e de peneiramento (foram gerados gráficos, ver em anexos) para a carga de fundo.

#### *d) Trabalho de gabinete*

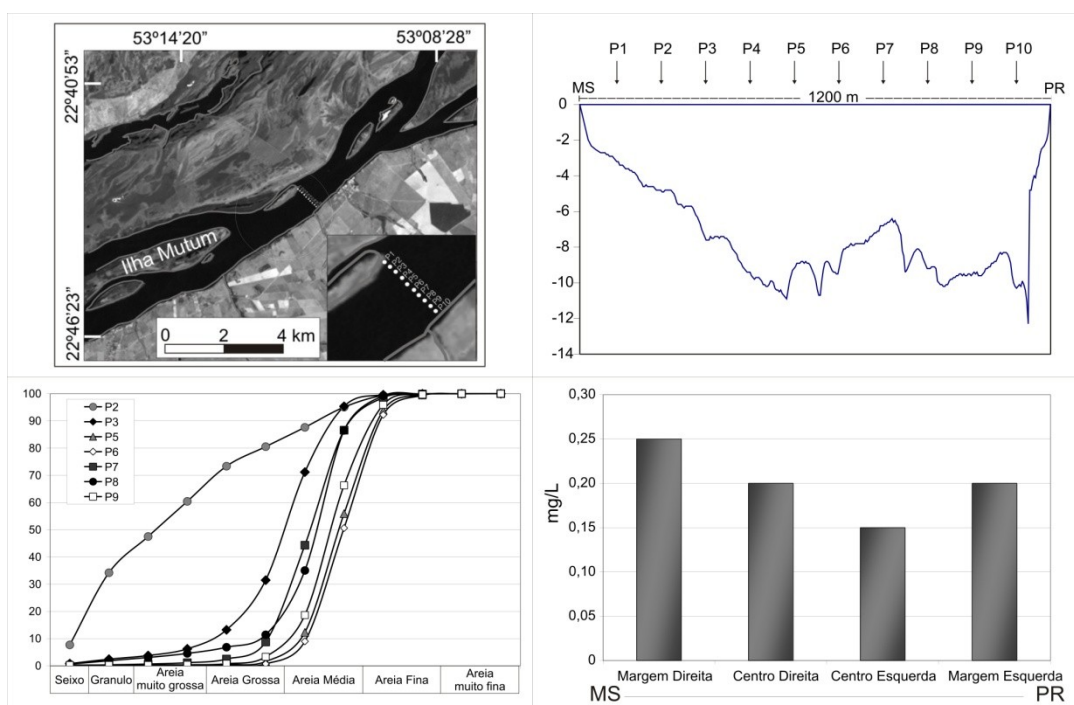
Os dados ecobatimétricos e doppler-acústico foram tratados com os programas INRIVER, INVI para coleta de dados e com o programa SURFER para elaboração dos mapas e perfis. As antigas cartas batimétricas foram digitalizadas e georreferenciadas, de modo permitir fazer a superposição com os mapas atuais. Dessa superposição foram avaliadas as alterações sofridas pelo canal nos últimos 50 anos. O maior problema foi a determinação da altura do nível de água das

cartas antigas para que fosse possível sua correlação com as atuais. Assim, foi utilizada a série histórica das réguas de Porto Epitácio (SP) e Guairá (PR), que encontrava-se em funcionamento durante o período de levantamento do mapa. O relatório do levantamento batimétrico da Marinha do Brasil (1952), afirmava que as cartas foram impressas com o nível de água (mais de seca) considerando os últimos 20 anos. Dessa forma foi feita uma regressão na série histórica para determinar o nível médio de águas baixas daquele período. De posse desses valores, efetuou-se uma projeção dos dados altimétricos do zero da régua de porto Epitácio (SP) e Guairá (PR) para o trecho estudado. STEVAUX (1994) já havia determinado a pendente hidráulica do rio no trecho (cerca de 7cm/km). Com esse valor foram transferidas as cotas para a estação de Porto São José (PR), e foi feita uma simulação de uma série histórica para essa estação nos anos de 1958 a 1962, durante o qual foi realizado o levantamento batimétrico. Para o levantamento atual utilizou-se o mesmo procedimento, ou seja, os dados foram ajustados ao mesmo nível médio das águas baixas.

## 6. RESULTADOS

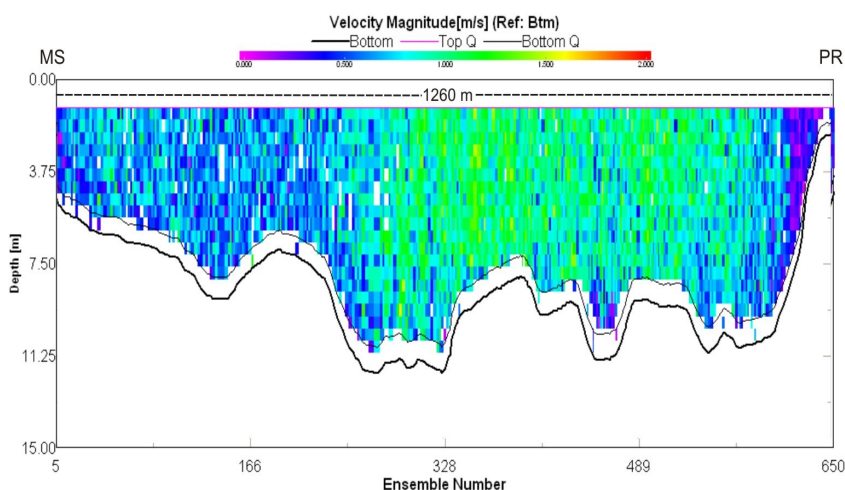
### 6.1. Características Gerais da Dinâmica Hidrossedimentar do Trecho Estudado.

O rio Paraná na área de estudo é um rio tipicamente aluvial, no qual seu fluxo escorre sobre um leito constituído por material exclusivamente de origem aluvial. O rio apresenta um padrão anastomosado com várias ilhas dividindo o canal principal. Frente ao distrito de Porto São José o canal é único (ponto nodal) e apresenta 1200 m de largura (Figura 23). A seção transversal do canal neste trecho é ligeiramente assimétrica com o talvegue deslocado para a margem esquerda do rio (Figura 25). Com exceção da margem esquerda, constituída pelos arenitos quartzos do Grupo Caiuá, todo resto do canal desenvolve-se exclusivamente sobre um substrato constituído de areia fina a média com variações de muito fina a seixos. Ao longo da seção transversal do canal pode-se observar uma diferenciação granulométrica, que está associada às mudanças de velocidade do canal.



**Figura 23** - Trecho do rio Paraná frente ao distrito e Porto São José. **A.** Imagem de satélite do trecho multicanal com ilhas dividindo o canal principal. No detalhe a seção do ponto nodal onde foram obtidas as outras informações desta figura. **B.** Seção transversal assimétrica com talvegue (parte mais profunda) deslocado para a margem paranaense. **C.** Curvas de frequência acumulativa da granulometria mostrando variações de  $D_{50}$  predominando entre areia média a grossa e grânulos. **D.** Concentração de sedimento suspenso ao longo da seção transversal.

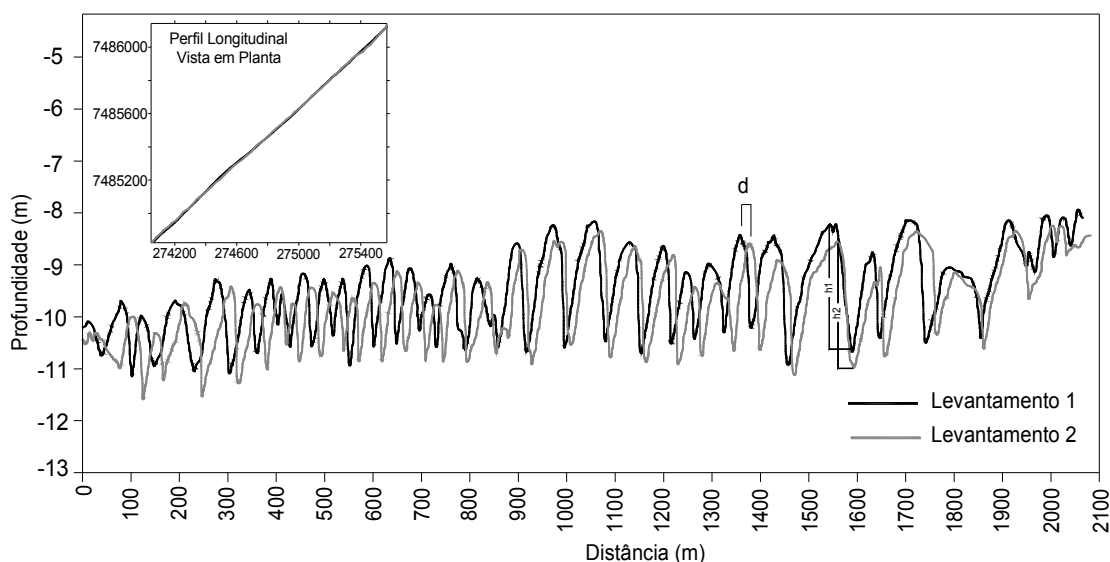
A velocidade de fluxo no trecho varia de acordo com a vazão, mas raramente ultrapassa a 1,5 m/s, o que permite a formação de formas de leito de pequeno a médio portes. Levantamentos realizados por meio do Perfilador Doppler de Corrente (ADCP) em seções no trecho estudado revelaram que a concentração das linhas de maior velocidade se dá na porção paranaense do canal, devido o deslocamento do talvegue (Figura 24).



**Figura 24** – Velocidade (m/seg.) do fluxo da corrente do rio Paraná

STEVAUX (1994), MARTINS; STEVAUX (2004), MARTINS estudaram em detalhe a morfologia e a dinâmica das formas de leito na área. As dunas são as formas de leito predominantes neste trecho do rio Paraná (Figura 23), com comprimento entre 50 e 100 m (média de 70,68 m) e altura de 0,80 a 2,20 m (média de 1,30 m). Eventualmente, nas grandes cheias, pode ocorrer superposição de formas de leito. A velocidade média de deslocamento linear das formas de fundo foi de 56,8 m/mês, para o período de maior vazão; e 45,0 m/mês para o período de menor vazão.





**Figura 25** - Formas de leito do rio Paraná no trecho de Porto São José. Grande predominância de mega-ondulações de no máximo 2,0 m de altura por 100 m de comprimento. Notar a homogeneidade das formas e sua constância ao longo do tempo. O intervalo entre os levantamentos 1 e 2 são de aproximadamente 10 dias. O detalhe mostra as trajetórias dos dois levantamentos (STEVAUX, 2006).

O transporte médio de carga e fundo no rio Paraná foi estimado em 2.820,6 ton/dia, o que corresponde a 1.029.300 ton/ano. Comparando com dados anteriores (MARTINS; STEVAUX, 2005). Contudo, esses valores referem-se ao período estudado entre 2003 e 2004. Os mesmos pesquisadores, estudando a última grande cheia do sistema, ocorrida no verão de 2006-2007, constataram a formação de uma onda de areia (“sand wave”) no trecho. Esse, ainda não analisado pelos autores alteraria substancialmente os valores de transporte médio do da carga de fundo obtida anteriormente.

Estudos realizados por MARTINS et al. (no prelo) indicam também que a carga de fundo está sofrendo alteração na textura (ajoiamento), no tamanho das formas de leito e no transporte devido ao fechamento da barragem de Porto Primavera. Este fato será abordado mais adiante uma vez que tem importância fundamental à perspectiva da exploração de areia no local.

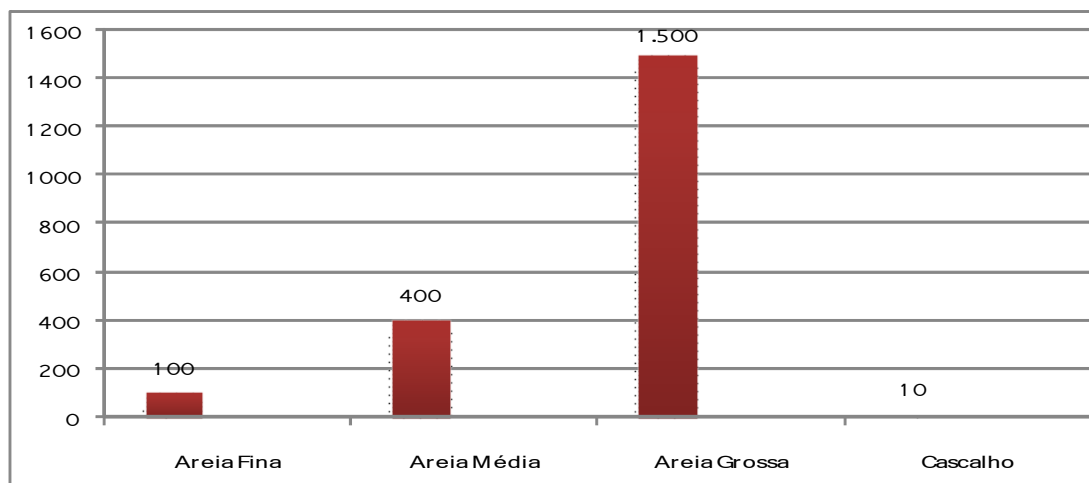
## 6.2. A Extração de Areia no Rio Paraná

### 6.2.1. Histórico da extração

Mediante as pesquisas realizadas não se constatou estudos voltados para a extração de areia no rio Paraná, sendo assim, fez-se necessário considerar o relato de fontes orais, feito por alguns mineradores locais, com destaque para o Sr. Edson Semprebom, com tradição familiar no ramo, pois o seu pai trabalhou durante muitos anos na extração de areia no canal do rio Paraná, na seção da cidade de Porto São José (PR). Assim, de acordo com estes relatos, o processo de extração de areia na região começou por volta dos anos de 1960.

O Processo de extração de areia na região começou por volta dos anos de 1960, segundo relatos de alguns mineradores do local. Não há nenhum estudo voltado para esse tema, por isso o relato foi feito mediante fontes orais, como a do Sr. Edson Semprebom, que tem tradição familiar no ramo, como o seu pai que trabalhou durante muitos anos na extração de areia no canal do rio Paraná, na seção da cidade de Porto São José (PR).

A produção de areia representa em média cerca de 2.000 m<sup>3</sup>/dia (Gráfico 6). Dessa produção, o destaque é a areia de granulometria tipo grossa, que representa 1.500 m<sup>3</sup>, equivalente a 75% do total da produção mineral diária. A maior parte dessa produção é destinada à cidade de Maringá (PR) e região, que se encontra a uma distância de aproximadamente de 180 km do porto de areia da cidade de Porto São José (PR), essa produção é escoada através de caminhões.



**Gráfico 6** - Produção de Areia em m³/dia

Fonte: Associação dos Portos de Areia do Noroeste do Paraná - 2007

### 6.2.2. Modo de operação

Durante a atividade mineradora no canal do rio Paraná, parte do sedimento (areia) extraído do leito submerso retorna ao sistema, causando uma turbidez (Figura 26) no local onde a draga permanece parada cerca de 11 minutos, até o final da extração, o processo de reabilitação é rapidamente observado e o sistema fluvial volta as condições normais. A dragagem de sedimentos ativos na corrente depositado a pequenas profundidades, - no rio Paraná numa média de 5 a 8 metros. Nestes sedimentos, a areia encontra-se inconsolidada, não havendo necessidade de desmonte.



**Figura 26** – Dragagem - Processo de extração de areia no canal do Rio Paraná.  
Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)



**Figura 27** – Pluma de turbidez depois do trabalho de extração de areia pela dragagem  
Foto: (NERY DOS SANTOS, 2007)

Com a dragagem no canal do rio Paraná, parte dos sedimentos extraídos retorna ao sistema provocando uma pluma de turbidez (Figura 27), com aproximadamente 10 metros de comprimento por 2 metros de largura. Essa pluma é ligeiramente dissolvida pelo sistema, não causando impactos ambientais negativos relevantes que possam comprometer ou mudar o ecossistema fluvial. A preocupação ambiental maior deve ser com a do contato das águas do rio com a graxa, os lubrificantes, óleo e combustível da draga, esses materiais lançados no rio são mais nocivos ao sistema que os sedimentos que retornam.

### 6.2.3. Valores da extração

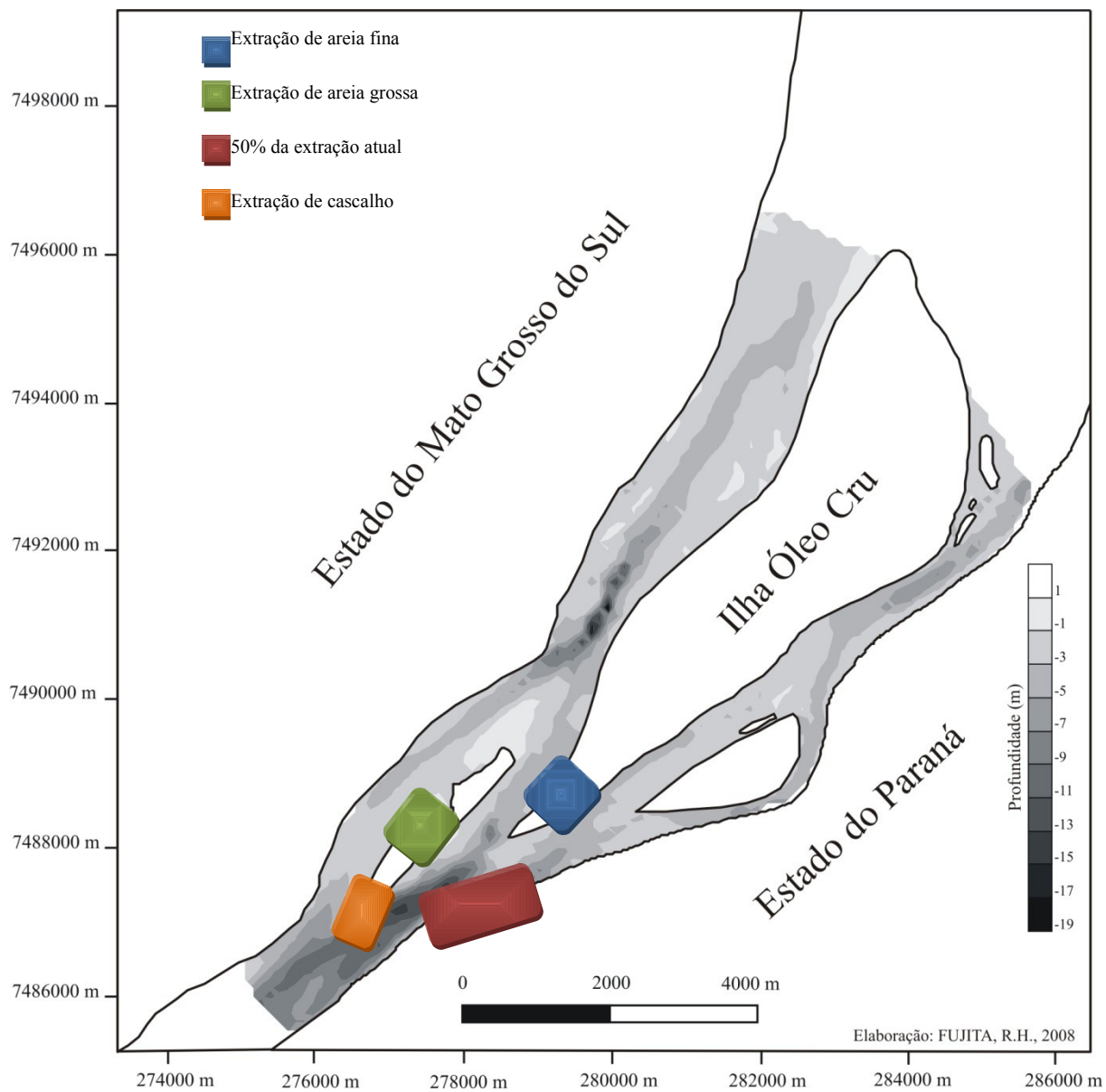
A extração de areia nesta seção do rio Paraná representa um volume entre 50.000 e 60.000 m<sup>3</sup>/mês, que representa uma média de 55.000 m<sup>3</sup>/mês, correspondendo a 660.000 m<sup>3</sup>/ano. A taxa de extração de areia é de 1800 m<sup>3</sup>/dia, o que equivale a uma tonelagem média de 2700 ton/dia. Por outro lado, a carga de fundo transportada diariamente pelo rio nesse trecho foi estimada por (MARTINS; STEVAUX, 2005) em 2.820,6 ton/dia. De acordo com a relação de carga de fundo e a extração de areia no canal do rio, os resultados de transporte de carga de fundo superam o da extração mineral, e mostram um grande potencial para a continuidade dessa atividade econômica. Deve-se considerar contudo, que a

extração é feita em diferentes pontos do trecho (Figura 28). Isso minimiza em muito o efeito da extração no ambiente do canal pois os volumes extraídos são repartidos aos pontos de extração.

#### 6.2.4. Mapa dos locais da extração e da textura do material

A extração de areia no canal do rio Paraná, na região de Porto São José (PR) começou por volta dos anos de 1960, em pequena escala. Não há dados disponíveis sobre o montante desta extração, nem estudos que relatem essa atividade mineradora na área. Alguns mineradores da região como o Sr. Edson Semprebom (sócio da Associação dos Portos de Areia do Noroeste do Paraná, que fica em Porto São José), explica: *“o meu pai trabalhou muito tempo tirando areia, principalmente grossa, próximo a foz do rio Paranapanema”*.

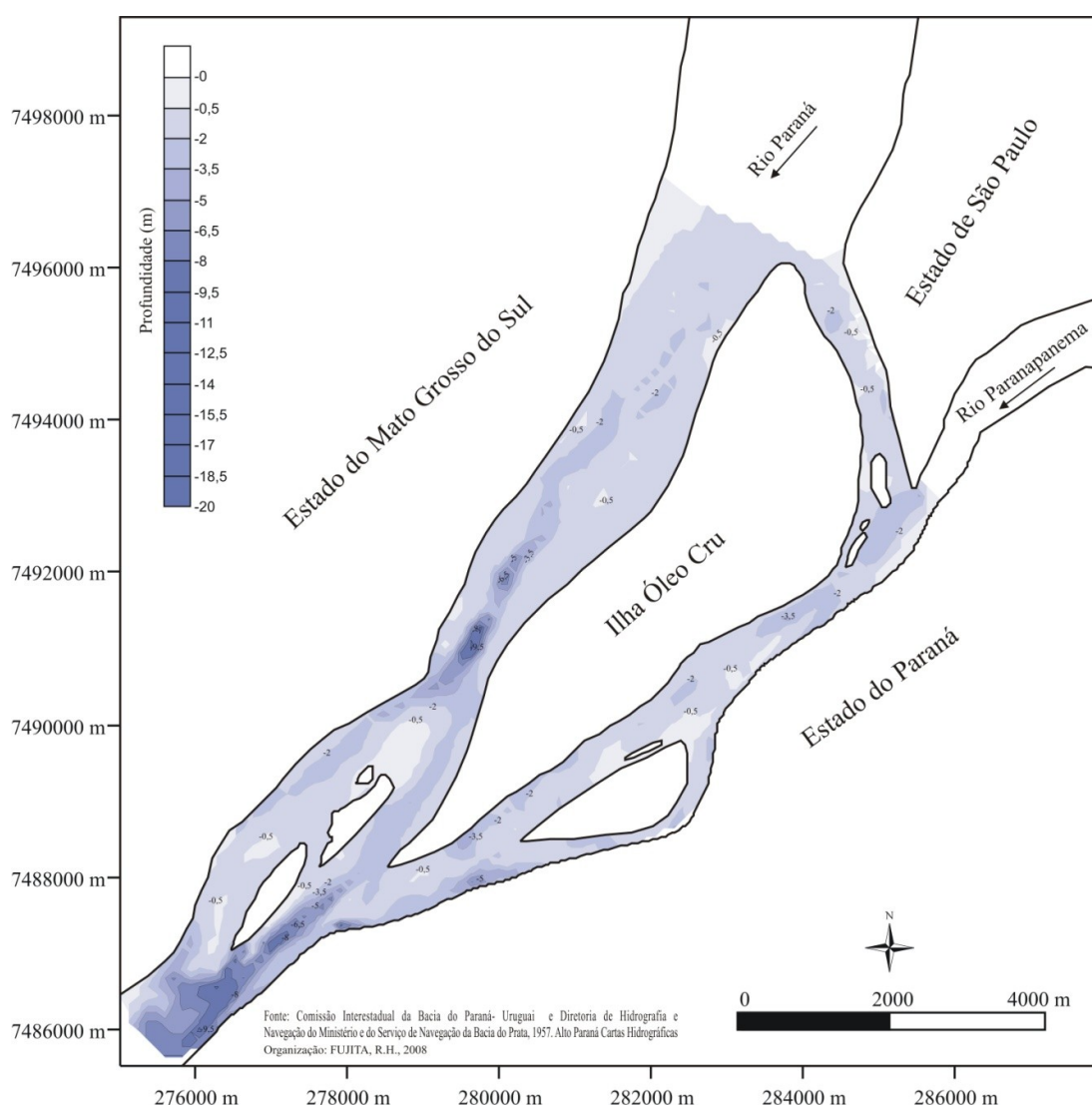
A atual extração de areia no canal do rio Paraná no trecho nas proximidades de Porto São José (PR), na frente das ilhas fluviais Mineira e do Cruzeiro na margem esquerda do lado do estado do Paraná, se concentra hoje a maior parte da extração de areia, com 50% do total. Entre as ilhas Mineira e Óleo Cru a extração é de granulometria fina, e na ponta da ilha do Cruzeiro a jusante a extração de granulometria muito grossa, o cascalho. Quanto a areia de granulometria grossa a maior concentração na extração é na margem direita do lado do estado do Mato Grosso (Figura 28).



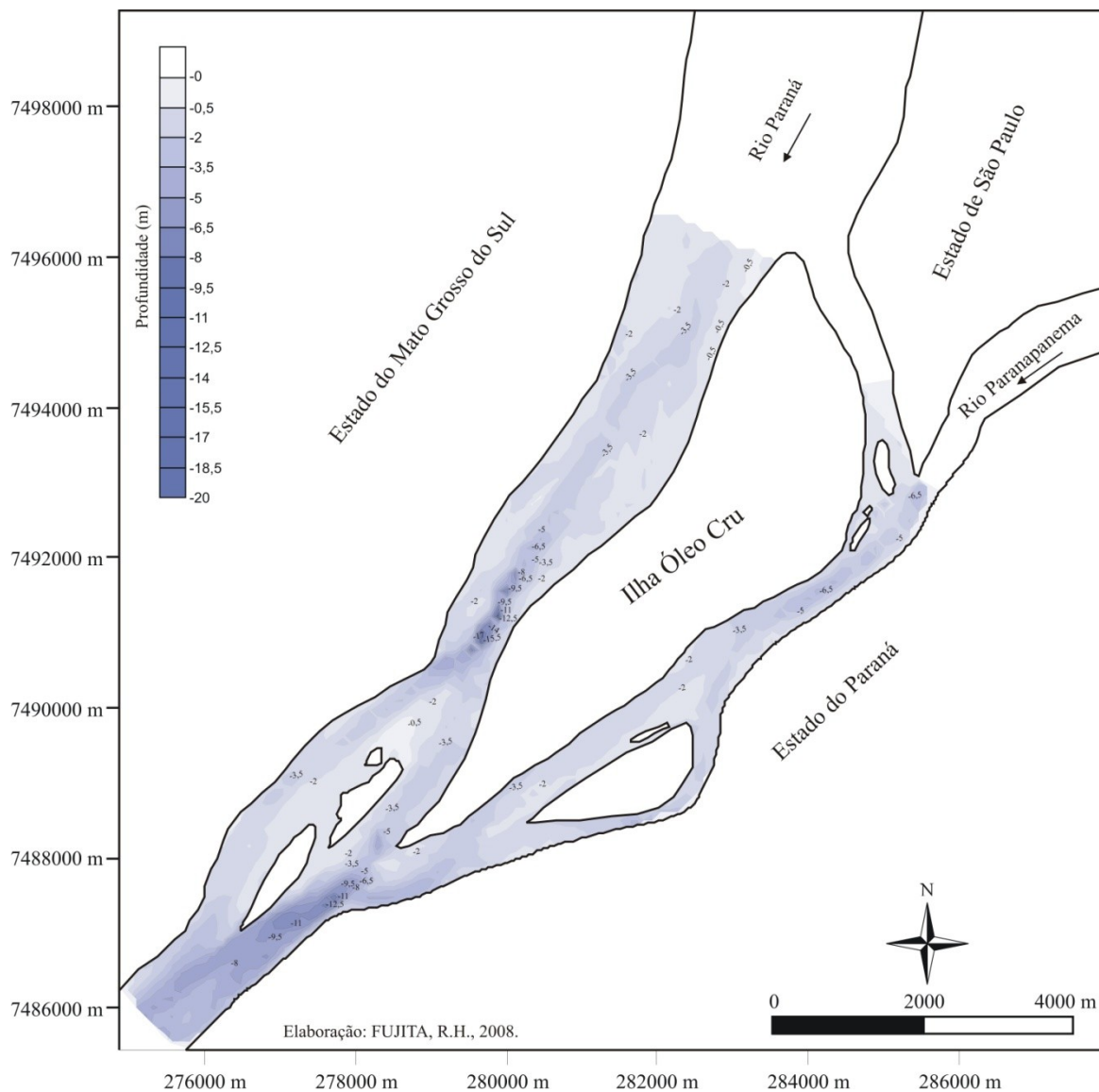
**Figura 28** – Mapa com atuais pontos de extração de areia no canal do rio Paraná.

#### 6.2.5. Mapas de 1957 e 2007 dos locais da extração de areia

Com a análise dos mapas contendo dados de profundidades, através de levantamentos batimétricos do trecho estudado no canal do rio Paraná, um de 1957 e o outro de 2007 (Figuras 29 e 30). O mapa de 2007 mostra uma tendência de incisão em alguns pontos do canal, podendo chegar a 8 metros em relação a situação de 1957, os mapas mostram diferentes comportamento do sistema durante este período, onde em alguns pontos houve incisão no canal, e em outros agredação. Contudo, a extração de areia não deve ser o único fato isolado gerador desse processo, pois com a construção do reservatório Engenheiro Sérgio Motta a montante, o rio passou a ser influenciado pela barragem, podendo o represamento interferir em sua dinâmica.



**Figura 29 -** Mapa de 1957 (profundidade) do trecho estudado no rio Paraná.

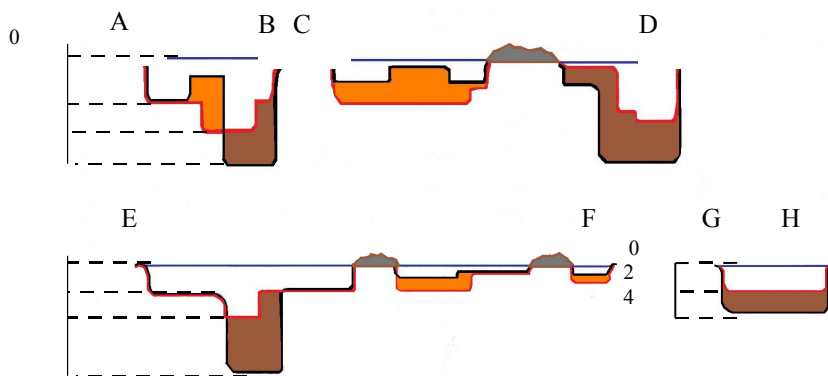
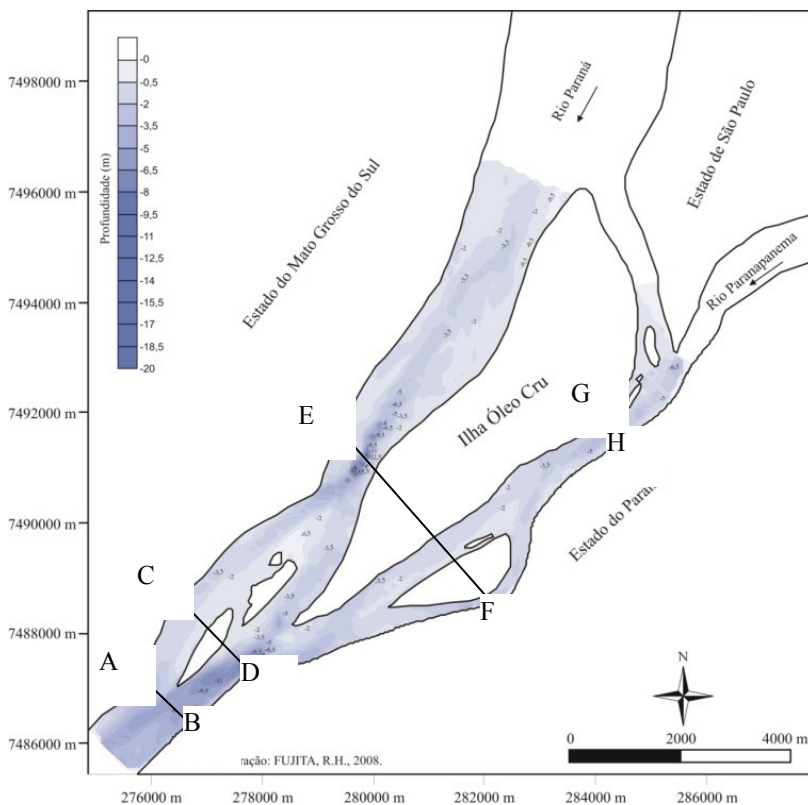


**Figura 30** - Mapa de 2007 (profundidade) do trecho do estudado no rio Paraná.



Os perfis comparativos dos mapas de 1957 e 2007 (Figura 31), mostram que houve um aprofundamento do canal do rio Paraná (PERFIL C,D), podendo chegar em alguns pontos a uma diferença de 6 metros de profundidade em relação a atual profundidade com a de 1957, no trecho onde representa cerca de 50% da atual extração de areia. Isso significa dizer que há uma tendência de aprofundamento da calha do rio nos pontos de maior concentração da extração de areia. Contudo, há outro fator que pode está contribuindo para essa mudança no sistema fluvial do rio Paraná, que é o reservatório de Engenheiro Sérgio Motta a montante.

O perfil A,B ocorreu uma incisão de cerca de 3 metros em um pequeno trecho do canal, e agradação em torno de 6 metros. No perfil C,D o processo é só de incisão, com cerca de 12 metros, é neste ponto que se concentra 50% do volume atual de extração de areia. No perfil E,F verificou-se que o processo de agradação foi de 5 metros, superando o de incisão. Por fim, no perfil G,H ocorreu agradação de 2 metros. A medição do nível da mesa d'água em Porto São José (PR) só começou a partir de 1964. No relatório da Marinha de 1957 sobre o nível da água, foi considerada a cota mínima deste nível, assim, estabeleceu-se o nível zero.



fundidade em 1957

Agradação

fundidade em 2007

Ilhas

islação

**Figura 31** – Perfis transversais nos mapas de 1957 e 2007.

## 7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume de extração de areia no alto curso do rio Paraná, no trecho entre as cidades de Porto Rico e Porto São José, ambas situadas no estado do Paraná, com uma área de aproximadamente de 6km, é ligeiramente inferior ao de reposição pelo sistema. Essa extração é realizada em pontos diferentes do canal, possibilitando o preenchimento de sedimentos nos pontos de extração de areia, reduzindo a pressão contra o sistema, como por exemplo, o aumento nas migrações de dunas submersas, e conseqüentemente o aumento da pendente do rio.

A área de maior concentração de extração de areia encontra-se num trecho do rio Paraná com tipo de canal anastomosado, esse tipo de canal possui maior competência de transporte de sedimentos de granulometria mais grossa, desse modo, favorece a exploração de areia desse local, onde a mesma já é realizada.

A comparação dos mapas do ano de 1957 e do ano de 2007 do rio Paraná na área estudada, mostra que o canal tem uma tendência a incisão em alguns pontos, que pode estar relacionada a extração de areia. Esse aprofundamento no canal coincide com os pontos de maior extração de areia. Contudo, a construção do reservatório de Engenheiro Sérgio Motta, a montante, interferiu nas condições naturais do sistema fluvial. Assim, é pouco provável que a incisão citada esteja relacionada somente a atividade mineradora, tendo em vista que a extração de areia é menor que a taxa de reposição, como já foi abordado anteriormente.

O perímetro estudado do rio Paraná não apresenta um perfil de desequilíbrio. No entanto, o ajuste de um rio a uma nova situação, como por exemplo, uma intervenção antrópica, pode mascarar outros fatores que influenciariam numa mudança do sistema fluvial, como alterações das condições climáticas regionais, que modificam o índice de pluviosidade e vegetação da bacia hidrográfica. Por isso, não podemos apontar um único fator como responsável para mudanças ou ajuste de um rio. Assim, pode-se concluir que a extração de areia no alto curso do rio Paraná não tem provocado mudanças no perfil do sistema fluvial. Embora exista modificação em áreas específicas onde ocorre o maior volume dessa atividade

mineral, essas alterações são mínimas em comparação com as do mapa de 1957 da área. Essas modificações estão limitadas aos pontos da extração, não provocando mudanças na geomorfologia do canal, como na sua pendente e condições de fluxo.

As alterações no canal são mais visíveis quando relacionadas a construção do reservatório a montante de Porto Primavera, que fica numa distância de aproximadamente 32 km da área de estudo, onde se concentra a maior extração de areia em seu canal. Essas mudanças aparecem na dinâmica do fluxo da corrente que acaba interferindo no transporte de sedimentos, já que o represamento altera o processo de decantação das partículas que se encontram em suspensão, e também as outras formas de transporte por saltação e tração.

O padrão anastomosado do canal no alto curso do rio Paraná entre as cidades de Porto Rico e Porto São José no estado do Paraná, se mantém desde o início da atividade mineradora de extração de areia em seu canal, isso indica que não houve alteração significativa no sistema fluvial provocada pela extração de areia que teve sua origem no local em meados da década de 1950.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO A. A.; VAZZOLER, A. E. A. M.; THOMAZ, S. M. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspcts. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). *Limnological in Brasil*. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences Brazilian Limnological Society, 1995. p. 59-103.

AGOSTINHO, A. A. et al. Biodiversity in the high Paraná River floodplain: biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. In: AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; HAHNS, N. S. (Eds). *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Netherlands: Backhuys Publishers, 2000.

AGOSTINHO, A. A. et al. *Composição e abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna*. Maringá: EDUEM, 2007.

AGOSTINHO, A. A. et al. *Migratory fishes of the upper Paraná River Basin, Brazil*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia, Biologia Celular e Genética, 2004.

AGOSTINHO, A. A. et al. *The upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Bachuys Publishers, 2004. Netherlands. p.103-124.

AGOSTINHO, A. A. Impactos sócios ambientais das grandes barragens na bacia do rio Paraná. In: REUNIÃO ESPECIAL PARA SBPC, 6., 1998, Maringá. *Anais...* Maringá, 1998. p. 102-105.

AGOSTINHO JUNIOR, J.; BORGUETTI. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipú. *Revista UNIMAR*, Maringá, PR, v. 14, n., p. 89-107, 1992. Suplemento.

ALMEIDA, R.O.P.O. *Revegetação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em mineração de areia*. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Minas de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ANEPAC – Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. *Revista Areia & Brita*, São Paulo, SP. Volume 31, Jul/Agos/Set. 2006.

Área de Proteção Ambiental (APA) da ilhas e várzeas do rio Paraná. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=817>>. Acesso em: 10 out. 2006.

BACKER, V. R. Paleohydrology sciences. In: BENITO, G.; BACKER, V. R.; GREGORY, K. J. (Eds.). *Paleohydrology and environmental changes*. New York: John Wiley & Sons, 1998. p. 1-10.

BIGARELLA, J.J.; SUGUIO, K. *Ambiente fluvial*. Curitiba: UFPR, 1979. P 183.

BRANDT, W. Avaliação de Cenários em Planos de Fechamento de Minas. In: Dias. L. E.; MELLO, J. W. V (Eds). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa-MG: UFV/DPS/ Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 131-134.

BUBENA, M. R. *Lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná: sistema Baía*. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

CAMARGO, A. F. M.; BIUDES J. F. V. *Mineração de areia por cava em São José dos Campos*. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências de Rio Claro-UNESP. Parecer emitido por solicitação da Associação de Engenheiros e Arquitetos de São José dos Campos (AEASJC). Universidade Estadual Paulista, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 05 abr. 2007.

CORRADINI, F. A. *Processos de conectividade e a vegetação ripária do Alto Rio Paraná – MS*. 2006. f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

CORRADINI, F. A.; FACHINI, M. P.; STEVAUX, J. C. Controle geomorfológico da distribuição da vegetação ripária do rio Paraná. Unidades geomórficas da planície

de inundação. *Revista Universidade Guarulhos*, Guarulhos, SP, v. 51, n., p. 13-21, 2007.

FERNANDEZ, O. V. Q. *Mudanças no canal do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico (PR)*. 1990. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

HARDI P.; ZDAN T., (Ed.). *Assessing sustainable development: principles in practice* (online). São Paulo, SP. International Institute for Sustainable Development, 1997. Disponível em: <<http://www.iisd.ca/about/prodcat/principlesinpractice.pdf-2001>>. Acesso em 4 ago. 2001.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ: Mapa de temperatura do Paraná. Curitiba, Paraná. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/iapar>>. Acesso em: 17 jul. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Classificação da vegetação da área ribeirinha à calha do Rio Paraná*. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao /ex3.htm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/ex3.htm)>. Acesso em: 11 maio 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Juruá: carta internacional do mundo ao milionésimo*. Rio de Janeiro, 1982. 1 mapa: color. 70 cm X 50 cm. Escala 1:250.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A. *Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT; 1980. (relatório n°.14684).

JUNK, V. M. S. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o holoceno e seus recursos. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998. *Anais... Vitória*, 1998. p. 1-24.

JUNK, W. K.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain system. Canadian Association of Fisheries and Aquatic Sciences. In:

DODGE, D. P. (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium*. 1989. p. 110-127.

KALE, V.; GUPTA, A. *Introduction to geomorphology*. India: Orient Longman, 2001. 274 p.

KRAMER, V. M. S. *Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno*. 1998. 34 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998.

KRAMER, V. M. S. *Unidades morfológicas e corpos d'água da planície de inundação do Rio Paraná*. 2004. 75 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

LATRUBESSE, E. M., STEVAUX, J. C., SINHA, R. Tropical Rivers. *Geomorphology*, n. 70, p. 187-206. 2005.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. River channel patterns: braided, meandering and straight. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 282-B. 1957

MAPA-múndi: político, didático. São Paulo: Michalany, 1982. 1 mapa: color., 120 cm. Escala 1:100.000.

MARTINS, D. P. *Dinâmicas das formas de leito e transporte de carga de fundo no alto rio Paraná*. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

MARTINS, D. P.; STEVAUX, J. C.; MEURER, M. Changes in large regulated tropical rivers: the example of the Parana River downstream of the Porto Primavera Hydroelectric Power Plant, Brazil. *Geomorphology*. No prelo.

MOSSA, J.; MCLEAN, M. Channel Planform and Land Cover Changes on a Mined River Floodplain. Estados Unidos: Department of Geography, University of Florida, 1997. p. 43-54.

NEIFF, J. J. Ideas para interpretación ecológicas del río Paraná. *Interciencia*, v., n. 15, p. 424-441, 1990.



NEWSON, M. D. *Land, water and development: river basin systems and their sustainable management*. London: Routledge, 1992.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; STEVAUX, J. C. Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the upper Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 10, n., p. 17-26, 2007.

POPP, J. H. Mineração e proteção ambiental: o único caminho possível. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992. p. 467-470.

RUST, B.R. A classification of alluvial river systems. In: MALL, A. D. (Ed.). *Fluvial sedimentology*, Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. v.5, p. 745-755.

SALLUN, A.E.M.; SUGUIO, K.; STEVAUX, J.C. *Proposição formal do alogrupo do Alto Rio Paraná (SP, PR e MS)*. São Paulo: Geologia USP, 2007. (Série Científica, Submetido).

SANTOS, M. L. *Fisiologia e evolução de barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico (PR)*. 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e meio ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

SOUZA FILHO, E. E. *Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)*. 1993. 223 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

STEVAUX, J.C.; MARTINS, D. P. *A dinâmica do fluxo e da carga de fundo no Paraná e nas desembocaduras de seus principais tributários: modelo para gerenciamento de grandes rios aluviais impactados por barragem, mineração e hidrovía*. Relatório final de projeto, 2007. CNPq 470148/2004-7/ FAPESP 014057-5.

STEVAUX, J.C., MARTINS, D.P.; MEURER JR. Changes in the Paraná river channel introduced by the Porto Primavera dam, Brazil. *Geomorphology*, 2008. No prelo.

STEVAUX, J.C.; SOUZA, I. A. Floosplan formation in anastomosed rivers. *Quaternary International*, 2002.

STEVAUX, J. C. *O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior*. São Paulo: 1993. 1994. 242 f. Tese (Doutorado em ) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

STEVAUX, J. C. The upper Paraná river (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, v. 21, n. ,p. 143-161. 1994.

THOMAZ, S. M. et al. Dinâmica temporal dos principais fatores limnológicos do rio Baía – planície de inundação do alto Paraná – MS, Brasil. *Revista Unimar*, v. 13, n. 2, p. 229–312, 1991.

THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHNS, N. S. *The Upper River Paraná and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers, 2004.

THOMAZ, S.M.; BINI, L. M.; BOZALLI, R.L. *Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems*. 2007.

TRAIN, S.; RODRIGUES, L.C.; Phytoplanktonic assemblages. In: THOMAZ, S.M., 2004.

## 9. ANEXOS

### **Lista de Verificação (“check list”) para Aplicação na Mineradora Visitada.**

1. Identificação do empreendimento, Porto de Areia em Porto São José (PR).  
    Dados técnicos.
2. Demarcação da área de extração mineral.
3. Método produtivo:  
    - Dragagem por sucção no leito do rio.
4. Implantação do porto de areia.
5. Verificação dos processos de exploração (depósitos e sistemas).
6. Uso da água, como retorna para o sistema.
7. Verificação das áreas revegetadas (tipos de mudas e situação).
8. Utilização da APP
9. Análise da carga de fundo
10. Análise da extração mineral
11. Comparação dos mapas de 1957 e 2007, perfil do fundo do canal.
12. Destino da produção mineral
13. Meios de transporte da produção mineral
14. Histórico da extração mineral

## **Análise Granulométrica**

Foram realizadas coletas de sedimentos (areia) no fundo do canal do Rio Paraná, afim de comparar com o tipo de material extraído no período de 1957. Assim, poderemos entender qual tipo de material o sistema está transportando hoje, e qual a diferença com o de 1957, nos pontos de extração de areia.

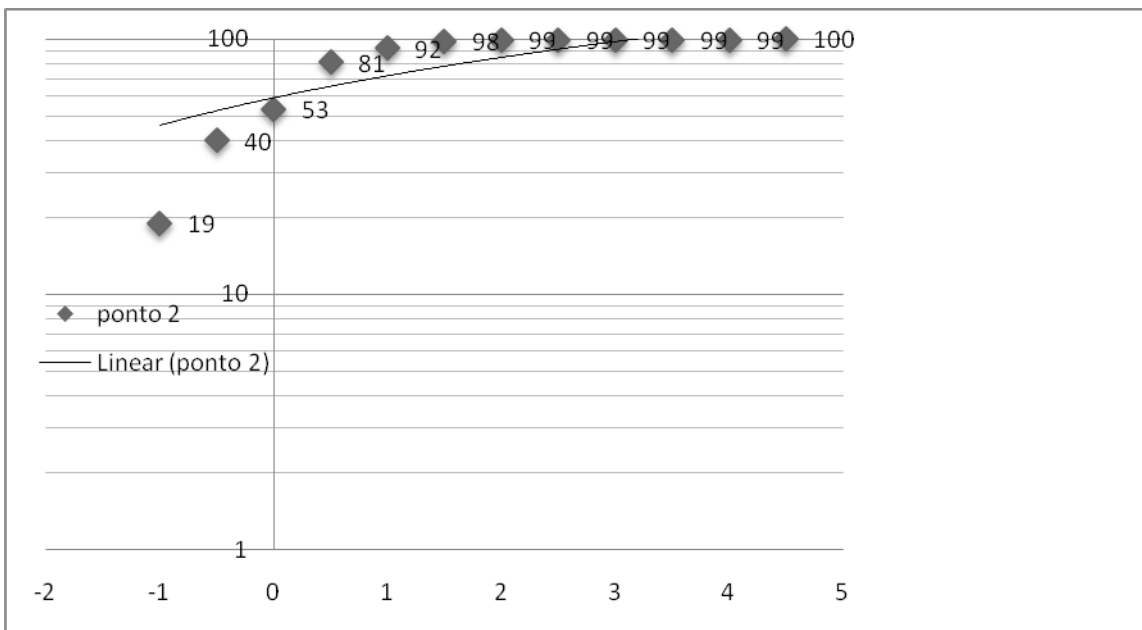
Com o peneiramento em laboratório das amostras coletadas, podemos constatar que há uma tendência maior para a areia do tipo granulométrico classe grossa.

### **Dados para curva acumulativa**

**Ponto 1** : os sedimentos desse ponto não foram peneirados, pois os grãos são muito grossos, do tipo seixos rolados.

### **Ponto 2**

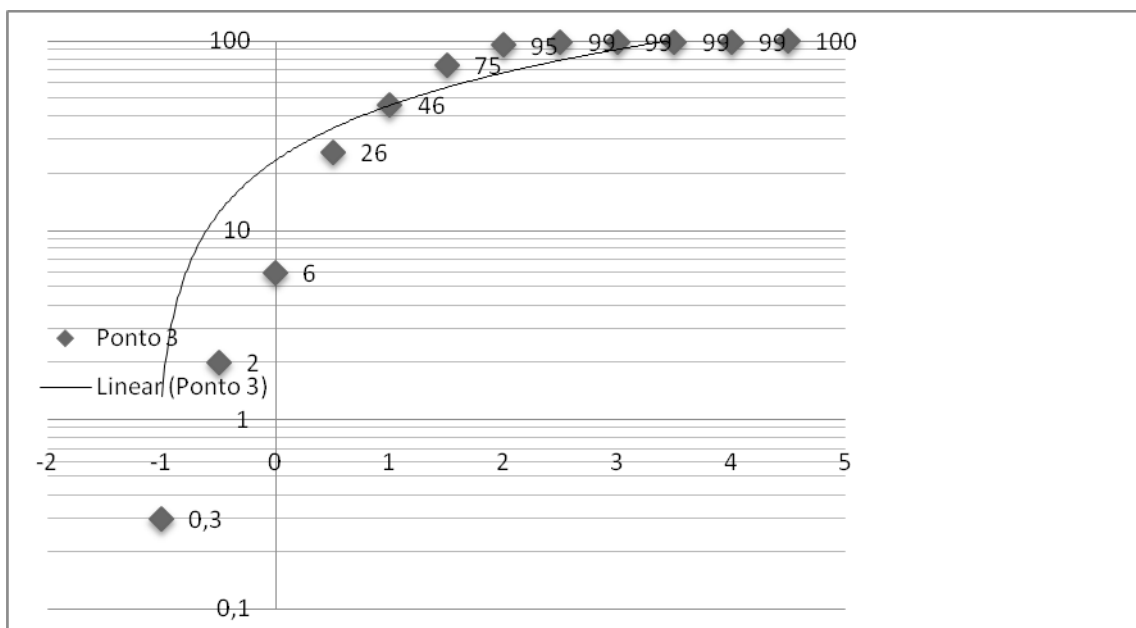
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Porcentagem</b>
-1.00	19.921	19.864
-.50	20.908	40.713
.00	13.198	53.873
.50	27.661	81.456
1.00	10.642	92.067
1.50	6.656	98.723
2.00	.736	99.459
2.50	.532	99.989
3.00	.006	99.995
3.50	.002	99.998
4.00	.001	99.999
4.50	.001	100.000



Análise Granulométrica - Ponto 2

**Ponto 3**

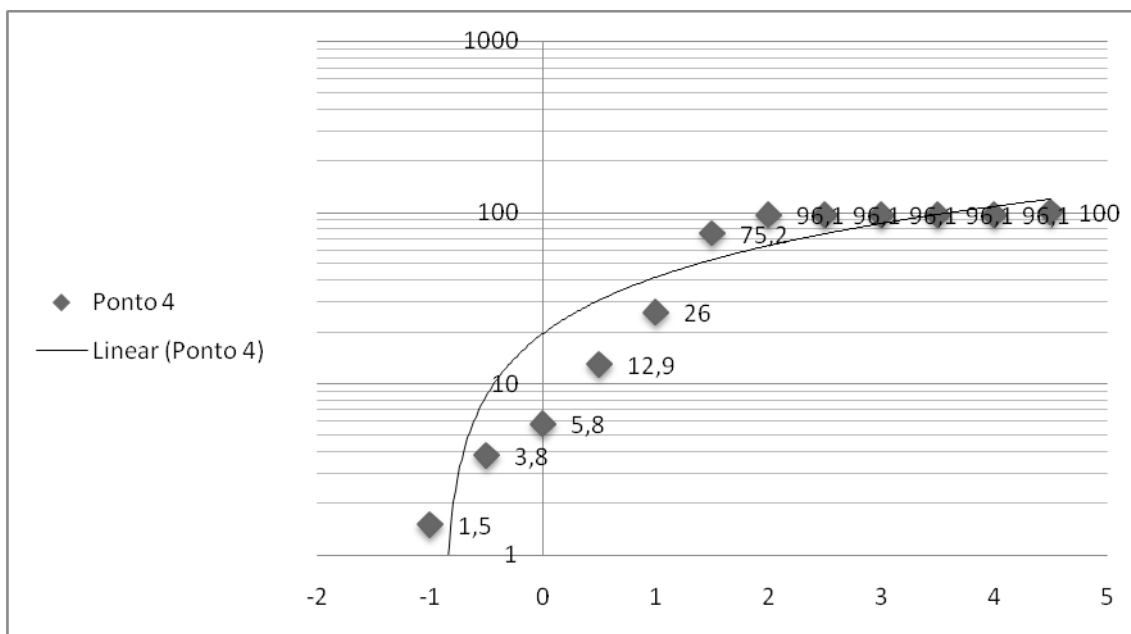
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Porcentagem</b>
-1.00	.337	.338
-.50	2.429	2.770
.00	3.920	6.697
.50	19.936	26.664
1.00	19.563	46.258
1.50	28.972	75.276
2.00	19.696	95.004
2.50	4.785	99.797
3.00	.197	99.994
3.50	.005	99.999
4.00	.001	99.999
4.50	.001	100.000



Análise Granulométrica - Ponto 3

#### Ponto 4

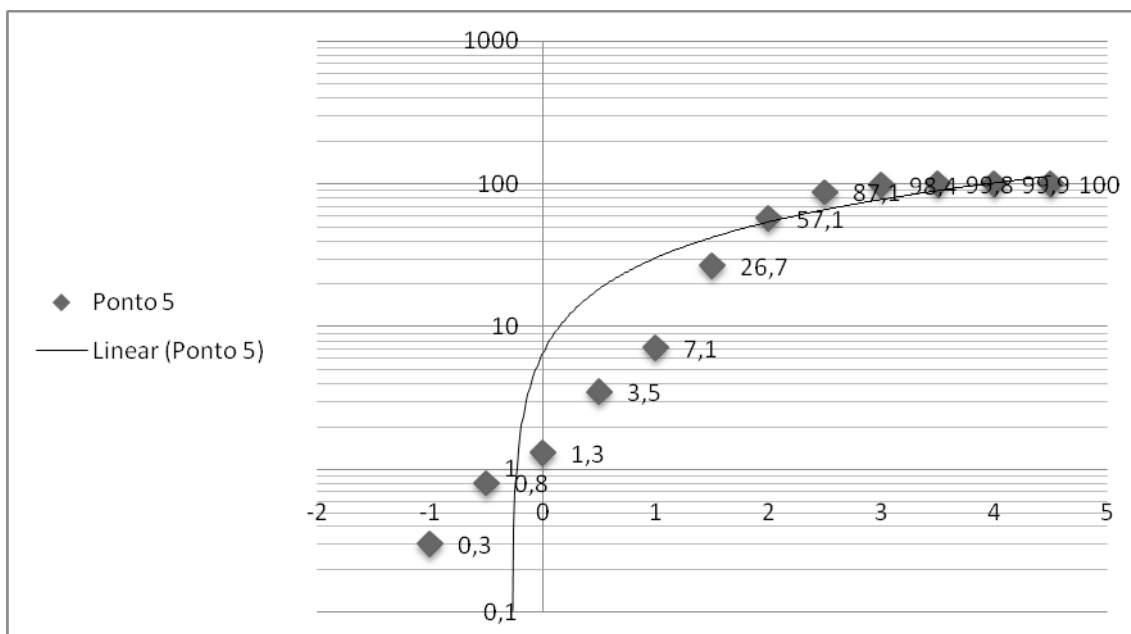
Classes	Pesos	Porcentagem
-1.00	1.568	1.569
-.50	2.264	3.835
.00	1.976	5.813
.50	7.110	12.922
1.00	13.107	26.038
1.50	49.139	75.212
2.00	20.911	96.139
2.50	.001	96.140
3.00	.001	96.141
3.50	.001	96.142
4.00	.001	96.143



Análise Granulométrica - Ponto 4

**Ponto 5**

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Porcentagem</b>
-1.00	.401	.399
-.50	.466	.863
.00	.451	1.312
.50	2.207	3.510
1.00	3.687	7.181
1.50	19.694	26.791
2.00	30.471	57.132
2.50	30.097	87.101
3.00	11.420	98.472
3.50	1.426	99.892
4.00	.090	99.982
4.50	.018	100.000

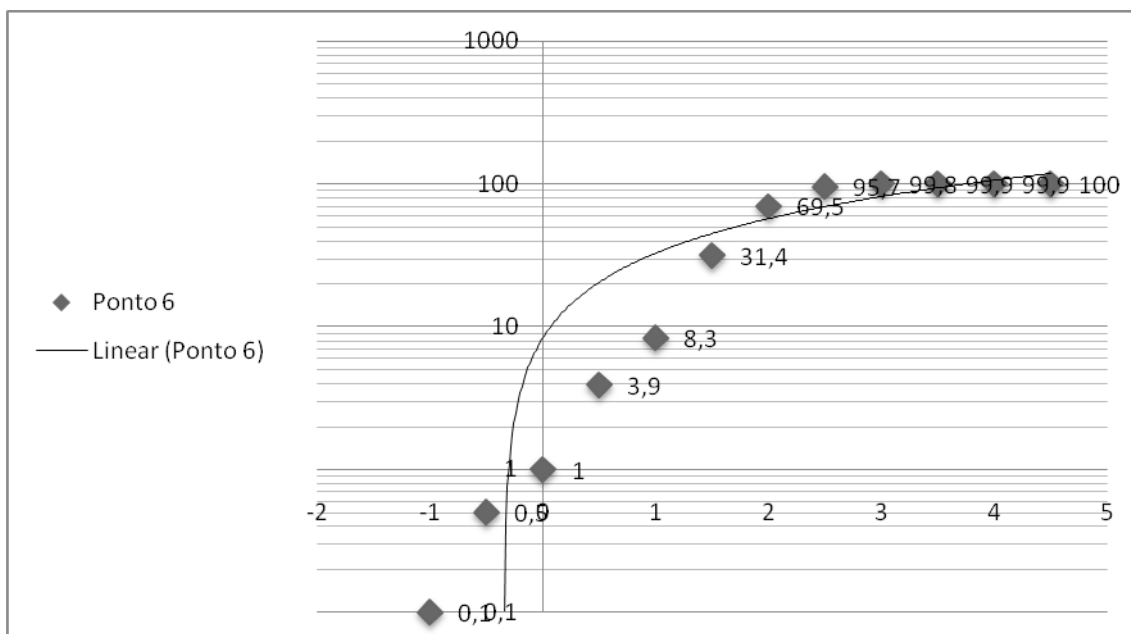


Análise Granulométrica - Ponto 5

**Ponto 6**

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Porcentagem</b>
-1.00	.112	.112
-.50	.399	.512
.00	.528	1.040
.50	2.912	3.953
1.00	4.409	8.362
1.50	23.046	31.413
2.00	38.135	69.555
2.50	26.164	95.724
3.00	4.141	99.865
3.50	.126	99.991
4.00	.007	99.997
4.50	.002	100.000

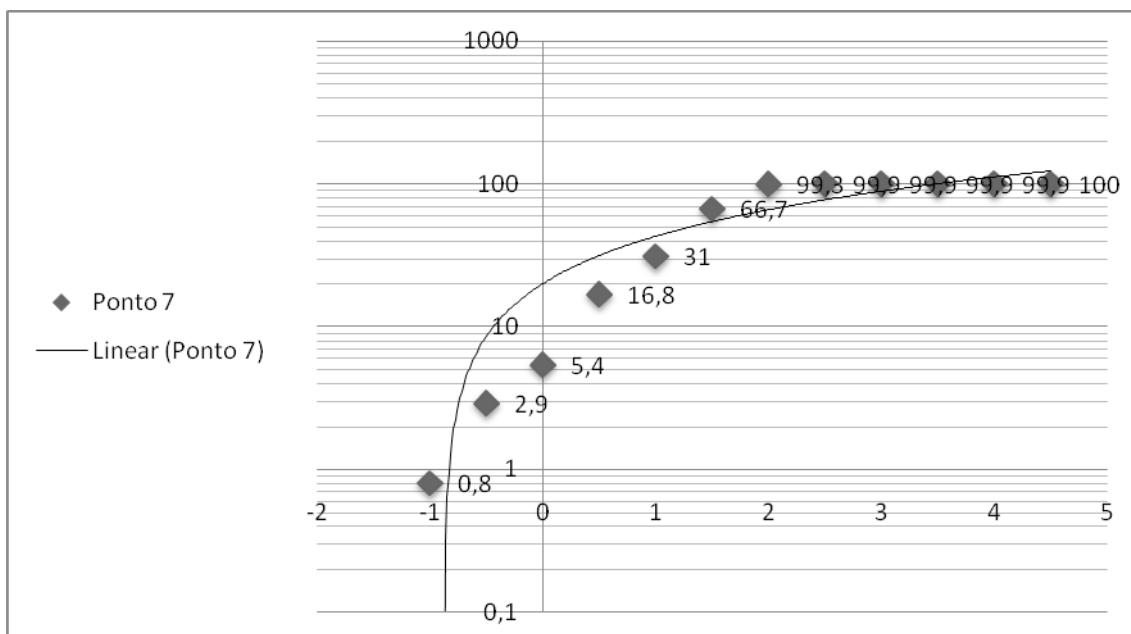




Análise Granulométrica - Ponto 6

**Ponto 7**

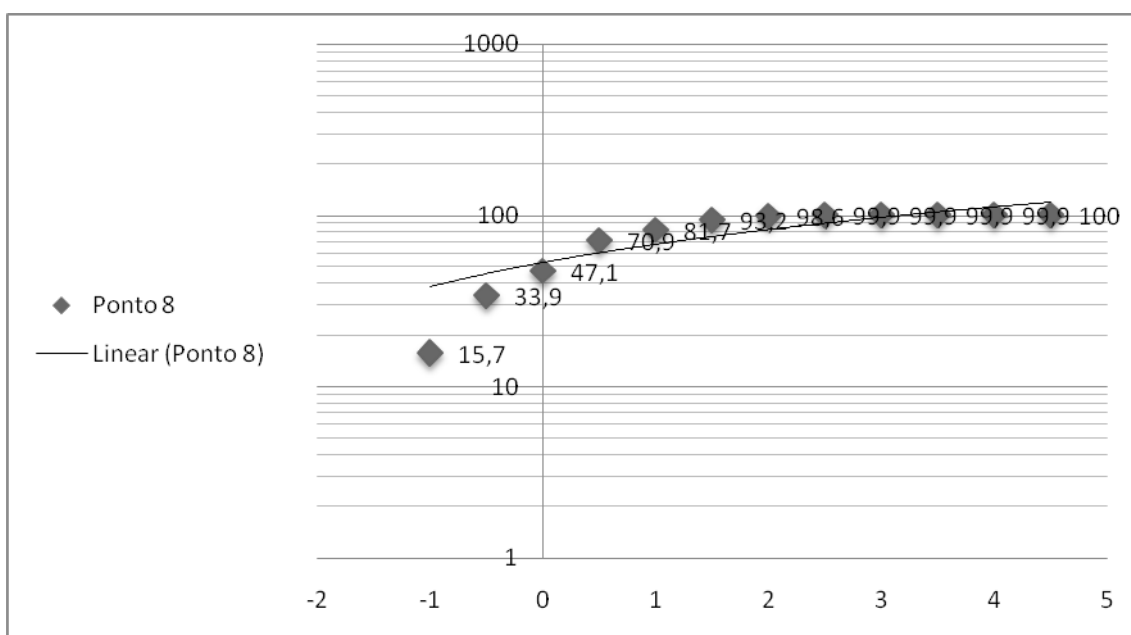
<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Porcentagem</b>
-1.00	.899	.896
-.50	2.036	2.925
.00	2.532	5.447
.50	11.446	16.851
1.00	14.209	31.006
1.50	35.847	66.718
2.00	26.343	92.962
2.50	6.383	99.321
3.00	.659	99.977
3.50	.019	99.996
4.00	.002	99.998
4.50	.002	100.000



Análise Granulométrica - Ponto 7

### Ponto 8

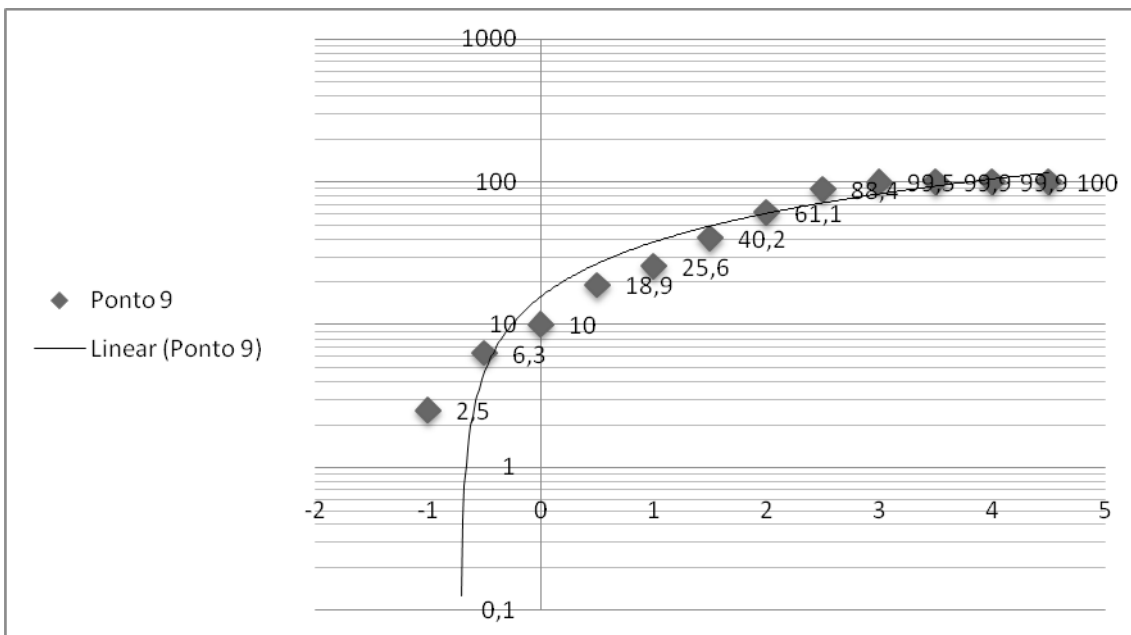
Classes	Pesos	Porcentagem
-1.00	15.712	15.706
-.50	18.205	33.903
.00	13.286	47.184
.50	23.797	70.972
1.00	10.829	81.797
1.50	11.460	93.252
2.00	5.382	98.632
2.50	1.288	99.919
3.00	.076	99.995
3.50	.003	99.998
4.00	.001	99.999
4.50	.001	100.000



Análise Granulométrica - Ponto 8

**Ponto 9**

<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>	<b>Porcentagem</b>
-1.00	2.504	2.505
-.50	4.125	6.630
.00	3.436	10.067
.50	8.866	18.933
1.00	6.732	25.667
1.50	14.563	40.231
2.00	20.893	61.126
2.50	27.313	88.442
3.00	11.072	99.515
3.50	.469	99.984
4.00	.014	99.998
4.50	.002	100.000



Análise Granulométrica - Ponto 9

Mapas de 1957 e 2007

